A CIÊNCIA DOS ALIMENTOS

Pesquisa e Aplicações

ORGANIZADORA

Rosana Rodrigues Teixeira Andrade

Editora Poisson

VOLUME 5

Rosana Rodrigues Teixeira Andrade
(Organizadora)

Ciência dos Alimentos
Pesquisa e Aplicações
Volume 5

1ª Edição

Belo Horizonte
Poisson
2025

Editor Chefe: Dr. Darly Fernando Andrade

Conselho Editorial
Dr. Antônio Artur de Souza – Universidade Federal de Minas Gerais
MSc. Davilson Eduardo Andrade
Dra. Elizângela de Jesus Oliveira – Universidade Federal do Amazonas
MSc. Fabiane dos Santos
Dr. José Eduardo Ferreira Lopes – Universidade Federal de Uberlândia
Dr. Otaviano Francisco Neves – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais
Dr. Luiz Cláudio de Lima – Universidade FUMEC
Dr. Nelson Ferreira Filho – Faculdades Kennedy
MSc. Valdiney Alves de Oliveira – Universidade Federal de Uberlândia

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C569

Ciência dos Alimentos: Pesquisa e Aplicações - Volume 5/
Organização: Rosana Rodrigues Teixeira Andrade
Belo Horizonte - MG: Editora Poisson - 2025

Formato: PDF
ISBN: 978-65-5866-520-5
DOI: 10.36229/978-65-5866-520-5

Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia

1. Tecnologia de Alimentos 2. Alimentos 3. Nutrição
I. ANDRADE, Rosana Rodrigues Teixeira. II. Título

CDD-664.005

Sônia Márcia Soares de Moura – CRB 6/1896

O conteúdo deste livro está licenciado sob a Licença de Atribuição Creative Commons 4.0.
Com ela é permitido compartilhar o livro, devendo ser dado o devido crédito, não podendo ser utilizado para fins comerciais e nem ser alterado.

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos seus respectivos autores.

Esse e outros títulos podem ser baixados gratuitamente em www.poisson.com.br
Entre em contato pelo contato@poisson.com.br

SUMÁRIO

Capítulo 1: Pão de queijo formulado a partir do extrato vegetal da semente do melão, polcilhado com a farinha de melão (*Cucumis melo* L) 06

Tiago Willames Martins Sousa, Gustavo Ferreira Nascimento, Iara Letícia Santos e Silva Sá, Juliane Beatriz da Silva Sousa, Mariana Soares Costa, Sávio Benjamin Probo dos Santos Oliveira, Yonara Ferreira Gomes Ribeiro, Dayane Dayse de Melo Costa, Maria Fabrícia Beserra Gonçalves, Amanda de Castro Amorim Serpa Brandão, Regilda Saraiva dos Reis Moreira Araújo

DOI: 10.36229/978-65-5866-520-5.CAP.01

Capítulo 2: Desenvolvimento de sobremesa láctea de baunilha isenta de lactose com calda de acerola..... 18

Maria Clara Gomes de Oliveira, Lara Giovana Rabelo da Rocha, Isabelly Luzia Pierot Rodrigues, Thaís Brandão Vasconcelos, Beatriz do Carmo Brito, Maria Fabrícia Beserra Gonçalves, Dayane Dayse de Melo Costa, Amanda Castro Amorim Serpa Brandão, Regilda Saraiva dos Reis Moreira Araújo

DOI: 10.36229/978-65-5866-520-5.CAP.02

Capítulo 3: Pão integral formulado a partir da farinha da semente de abóbora, hibisco (*Hibiscus sabdariffa* L.) e grãos integrais..... 32

Amanda Oliveira dos Santos, Lorena de Araújo Oliveira, Agnes Lohayne Pereira Oliveira, Isabella Borges Diniz, Ester Rocha Dantas, Amanda Victorya Alencar Lima, Dayane Dayse de Melo Costa, Maria Fabrícia Beserra Gonçalves, Amanda de Castro Amorim Serpa Brandão, Regilda Saraiva dos Reis Moreira Araújo

DOI: 10.36229/978-65-5866-520-5.CAP.03

Capítulo 4: Iogurte natural adicionado de mesocarpo de bacuri (*Platonia insignis Mart.*) com calda da polpa de bacuri..... 44

Alexia Laviny dos Santos Silva, Francisca Kauane Alves Alexandre, Jecyara Kleyce de Sousa Vaz, João Victor Macedo da Costa, Karolainy Batista Araújo, Mariana Cabral Teixeira, Dayane Dayse de Melo Costa, Maria Fabrícia Beserra Gonçalves, Amanda de Castro Amorim Serpa Brandão, Regilda Saraiva dos Reis Moreira Araújo

DOI: 10.36229/978-65-5866-520-5.CAP.04

Capítulo 5: Geleia de tamarindo (*Tamarindus indica l*) adicionada de tâmara (*Phoenix dactylifera l*) e açúcar de coco (*Cocos nucifera l*) (Jelly Tam) 56

Adenise Pereira Nascimento de Abreu, Selmária Cruz dos Santos Ferreira Serrate, Celina Nunes Cruz, Maria Luiza Chaves Ferreira, Milene Xavier Amaral, Luara Lima Holanda, Laura Cronemberger de Miranda Piauilino, Maria Fabrícia Beserra Gonçalves, Amanda de Castro Amorim Serpa Brandão, Regilda Saraiva dos Reis Moreira Araújo

DOI: 10.36229/978-65-5866-520-5.CAP.05

SUMÁRIO

Capítulo 6: Elaboração homus de castanha de cajú (*Anacardium occidentale* l.) com chichá (*Sterculia striata* n.) 68

Júlia Lustosa Soares, Lana Graziely Rocha Braga, Maria Clara Cruz Bastos, Matheus Guimarães Batista, Nicolle Botelho de Araújo, Samuel Ribeiro de Assis, Yasmin Valentina das Costas Santos, Maria Fabrícia Beserra Gonçalves, Amanda de Castro Amorim Serpa Brandão, Regilda Saraiva dos Reis Moreira Araújo

DOI: 10.36229/978-65-5866-520-5.CAP.06

Capítulo 7: Caracteristicas de compra pelo consumidor e as injúrias mecanicas em frutas e hortaliças 80

Issacar Flores Drachler, Vilmar Antônio Boff, Gilvane Souza de Matos, Kelly de Moraes, Juliana de Mello Silva

DOI: 10.36229/978-65-5866-520-5.CAP.07

Capítulo 8: Coacervação complexa de extrato de soja e amido de mandioca modificado para encapsulamento de óleo de canola 98

Amanda Batista Nascimento, Rachel Menezes Castelo, Luana Carvalho da Silva, Joana de Barros Alexandre, Roselayne Ferro Furtado

DOI: 10.36229/978-65-5866-520-5.CAP.08

Capítulo 9: Desenvolvimento de blendas biopoliméricas de metilcelulose e quitosana para utilização em embalagens ativas para alimentos 114

Silvania Farias Oliveira Pontes, Leonardo Vieira Pontes

DOI: 10.36229/978-65-5866-520-5.CAP.09

Capítulo 10: Valorização de resíduos de frutas cítricas: pectina e antocianinas na produção de bioplásticos sustentáveis 125

Helder de Lucena Pereira, Adriano Lima da Silva, Joyce Salviano Barros de Figueiredo, Bruna Tayane da Silva Lima, Luis Henrique da Silva Nascimento, Gabriel Monteiro da Silva

DOI: 10.36229/978-65-5866-520-5.CAP.10

Capítulo 11: Influência do tempo de maturação na oxigenação da carnes de bovinos nelore 138

Lethícia Olimpio Bueno, Lorrany Ramos do Carmo, Míriam de Andrade Pereira, Amanda Camilo Graciano, Jean Carlos dos Santos, Marcelo Stefanini Tanaka

DOI: 10.36229/978-65-5866-520-5.CAP.11

Autores 151

Capítulo 1

Pão de queijo formulado a partir do extrato vegetal da semente do melão, polcilhado com a farinha de melão (Cucumis melo L)

Tiago Willames Martins Sousa
Gustavo Ferreira Nascimento
Iara Letícia Santos e Silva Sá
Juliane Beatriz da Silva Sousa
Mariana Soares Costa
Sávio Benjamin Probo dos Santos Oliveira
Yonara Ferreira Gomes Ribeiro
Dayane Dayse de Melo Costa
Maria Fabrícia Beserra Gonçalves
Amanda de Castro Amorim Serpa Brandão
Regilda Saraiva dos Reis Moreira Araújo

Resumo: **Introdução**: O pão de queijo é apreciado em diversos países com diferentes culturas alimentares, como Argentina, Estados Unidos, Peru, Itália, França, Alemanha, Hungria, Portugal, Espanha, Israel e Japão. A popularização desse produto, tanto no Brasil quanto no exterior, foi impulsionada por inovações tecnológicas, especialmente com a introdução das massas congeladas. **Objetivo**: A presente pesquisa tem como objetivo desenvolver um pão de queijo adicionado com extrato vegetal da semente do melão e realizar a análise sensorial do produto. **Metodologia:** O estudo é do tipo transversal e foi realizado no Laboratório de Análise Sensorial de Alimentos (LASA), do Departamento de Nutrição da Universidade Federal do Piauí, Campos Ministro Petrônio Portela, em Teresina, entre os dias 11 e 15 de janeiro de 2025. Todas as matérias primas necessárias para a produção do produto foram adquiridas nos comércios varejistas na cidade de Teresina – PI. A análise sensorial foi conduzida no Laboratório de Análise Sensorial de Alimentos (LASA) do Departamento de Nutrição da Universidade Federal do Piauí. Participaram 119 avaliadores não treinados, com idades entre 19 e 24 anos. Foram aplicados dois testes sensoriais: o teste de escala hedônica. As avaliações foram realizadas em condições controladas, com os participantes degustando as amostras de forma individual e registrando suas respostas em fichas específicas. O anonimato foi garantido durante todo o processo para assegurar a isenção dos resultados. O teste de intenção de compra revelou resultados positivos, com destaque para a categoria "certamente compraria", escolhida por 64,10% dos avaliadores (75 pessoas), indicando forte aceitação do produto. Além disso, 31,62% (37 avaliadores) indicaram "provavelmente compraria", reforçando o interesse geral. **Conclusão**: O desenvolvimento do pão de queijo funcional, com a adição de extrato vegetal da semente de melão, demonstrou ser uma estratégia eficaz para enriquecer o produto tradicional com características nutricionais mais vantajosas. A formulação testada obteve uma aceitação positiva nos testes sensoriais, evidenciada pelas altas notas atribuídas pelos avaliadores, especialmente no que se refere ao sabor e à textura.

Palavras chave: Análise sensorial, Pão de queijo, Extrato vegetal, Melão.

1. INTRODUÇÃO

O pão de queijo é apreciado em diversos países com diferentes culturas alimentares, como Argentina, Estados Unidos, Peru, Itália, França, Alemanha, Hungria, Portugal, Espanha, Israel e Japão. A popularização desse produto, tanto no Brasil quanto no exterior, foi impulsionada por inovações tecnológicas, especialmente com a introdução das massas congeladas (Pinto, 2001).

Sua popularidade não se deve apenas ao sabor, mas também ao fato de ser uma excelente fonte de energia, devido à quantidade significativa de carboidratos que contém. Além disso, é adequado para indivíduos com restrição ao glúten, já que não o possui em sua formulação. Apesar de apresentar um perfil nutricional limitado, esforços conjuntos entre a indústria e a pesquisa acadêmica têm buscado aprimorar suas qualidades nutricionais (Silva *et al*., 2022).

Diante da crescente demanda por alimentos saudáveis e com alto valor nutricional na indústria alimentícia (Ameh; Gernah; Igbabul, 2013; Tolve *et al*., 2021), a área de panificação tem buscado a elaboração de novos produtos. O pão, consumido diariamente em todo o mundo e bem aceito, torna-se um excelente veículo para adição de novos ingredientes que possam conferir propriedades saudáveis. Porém, pães produzidos com farinha de trigo branca possuem grande quantidade de amido (carboidratos complexos) e são pobres em fibras dietéticas.

A adição de ingredientes com alto teor de fibras na formulação de pães pode melhorar seu valor nutricional. No entanto, a inclusão dessas fibras pode acarretar alterações negativas nas características físicas e sensoriais do pão, como a estrutura da massa, sua extensibilidade, textura e redução do volume (Ahmed *et al*., 2013; Khoozani et al., 2020). Portanto, é necessário analisar os produtos desenvolvidos para verificar os parâmetros tecnológicos e nutricionais, a fim de avaliar a influência que um novo ingrediente pode ter na qualidade final do produto (Miranda-Ramos; Sanz-Ponce; Haros, 2019).

De acordo com o Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinha e farelos, farinhas são os produtos obtidos de partes comestíveis de uma ou mais espécies de cereais, leguminosas, frutos, sementes, tubérculos e rizomas por moagem e ou outros processos tecnológicos considerados seguros para produção de alimentos (Brasil, 2005).

Dessa maneira, a indústria alimentícia vem utilizando fontes alternativas de vegetais e frutas com a intenção de fornecer produtos mais saudáveis e ricos em fibras. Em consequência, sementes de várias espécies estão fazendo parte da alimentação humana, por apresentarem grande potencial nutritivo e excelente fonte natural de fibras alimentares (Silva *et al*., 2010).

O melão (*Cucumis melo*) é uma fruta tropical de formato oval. O sabor é adocicado, podendo apresentar coloração de casca amarela, branca e verde. A fruta tem origem asiática e africana. É cultivada em grande escala no Brasil, principalmente na região nordeste que apresenta clima tropical e semiárido (Cavalcanti et al., 2009). Geralmente, o melão é consumido na forma in natura ou na forma de sucos, compotas e produtos de confeitaria, apresenta um bom perfil nutricional, com elevados teores de carboidratos (92,8 $g.100g^{-1}$), vitamina A (116 $mcg.100g^{-1}$) e vitamina C (29 $mg.100g^{-1}$) (Phillipi, 2016).

As sementes de melão, frequentemente descartadas como resíduo, apresentam um alto potencial para aproveitamento nutricional e funcional. Com uma composição rica em lipídios (25,2%), proteínas (20,1%) e fibras (30%), essas sementes são uma alternativa promissora para o desenvolvimento de produtos alimentícios voltados para a saúde. Além

disso, os extratos das sementes possuem propriedades antioxidantes, demonstrando capacidade de retardar a oxidação de óleos, o que pode contribuir para a preservação de alimentos. Esse reaproveitamento não apenas agrega valor a um subproduto agrícola, mas também promove a sustentabilidade, reduzindo o desperdício e os impactos ambientais associados ao descarte (Pereira, 2014).

A presente pesquisa tem como objetivo desenvolver um pão de queijo adicionado com extrato vegetal da semente do melão e realizar a análise sensorial do produto.

2. METODOLOGIA

2.1. BUSCA DE ANTERIORIDADES

A busca de anterioridade foi realizada no site do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI), utilizando os descritores “pão de queijo”, “farinha”, “semente”, “leite” e “melão”. Contudo, não foram encontrados resultados relacionados ao uso desses termos, confirmando a ausência de registros específicos no banco de dados consultado.

A busca de anterioridade realizada no site do INPI é um procedimento essencial para assegurar a originalidade e a inovação do produto desenvolvido. No caso do pão de queijo elaborado a partir do extrato vegetal da semente de melão e polvilhado com farinha da casca do melão, a verificação da existência de patentes similares ou idênticas no Instituto Nacional da Propriedade Industrial é fundamental. Esse processo garante que a formulação proposta seja única e não infrinja direitos de propriedade intelectual de terceiros.

A inexistência de produtos patenteados com características semelhantes reforça a exclusividade e a inovação da combinação de ingredientes utilizados. Essa análise de anterioridade não apenas válida a autenticidade do produto, mas também protege os desenvolvedores contra possíveis disputas legais relacionadas à propriedade intelectual.

2.2. DELINEAMENTO, LOCAL E PERÍODO DE ESTUDO

O estudo realizado é do tipo transversal e foi realizado no Laboratório de Análise Sensorial de Alimentos (LASA), do Departamento de Nutrição da Universidade Federal do Piauí, Campos Ministro Petrônio Portela, em Teresina, entre os dias 11 e 15 de janeiro de 2025.

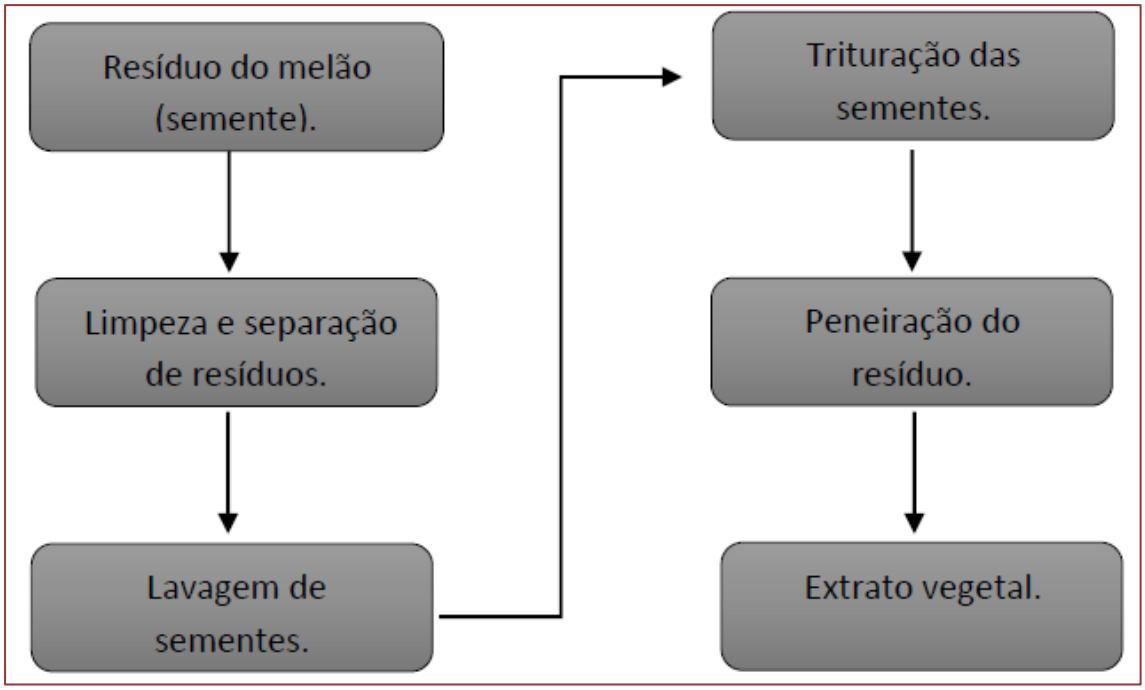
2.3. OBTENÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS

Todas as matérias primas necessárias para a produção do produto foram adquiridas nos comércios varejistas na cidade de Teresina – PI.

2.4. DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

A Figura 1 apresenta o fluxograma do processo de obtenção do extrato vegetal, detalhando as etapas realizadas em Teresina-PI, no ano de 2025. Para o processo de trituração foi utilizado o Liquidificador industrial baixa rotação 3,5 L. Para a secagem das cascas do melão utilizou-se a estufa ventilada 320 Fanem e a moagem foi realizada pelo moinho rotor R-TE-651/2.

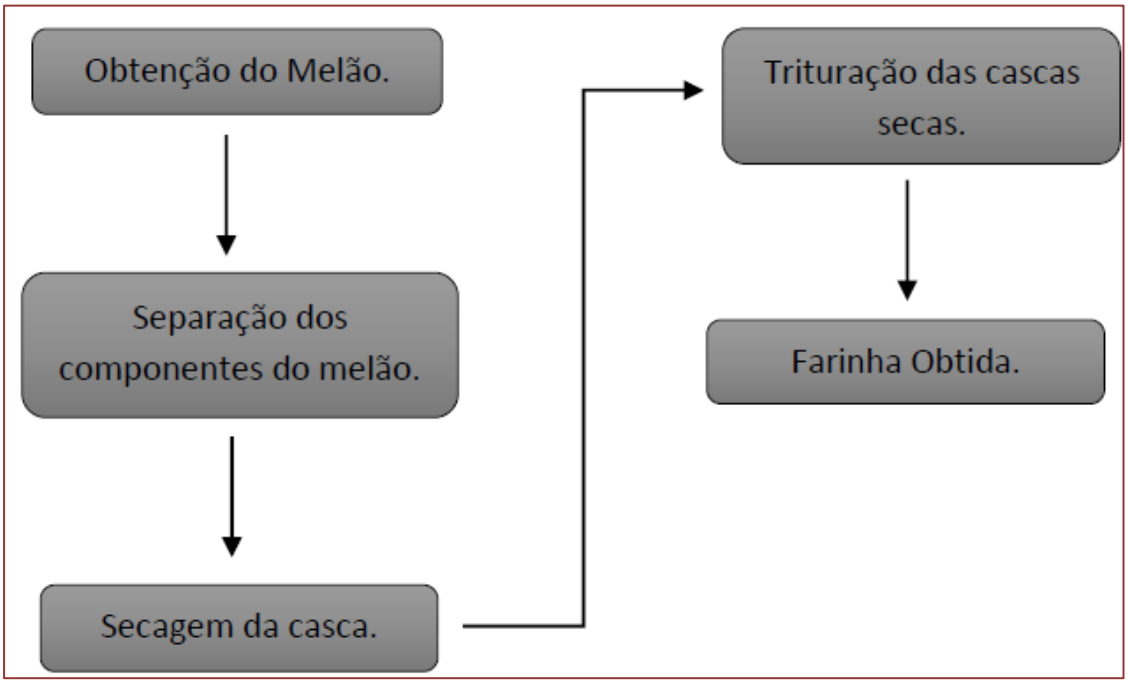
Figura 1: Fluxograma da obtenção do extrato vegetal. Teresina-PI, 2025



Fonte*:* Autoria Própria, 2025.

A Figura 2 apresenta o fluxograma do processo de obtenção da farinha da casca do melão, destacando as etapas realizadas em Teresina-PI, no ano de 2025.

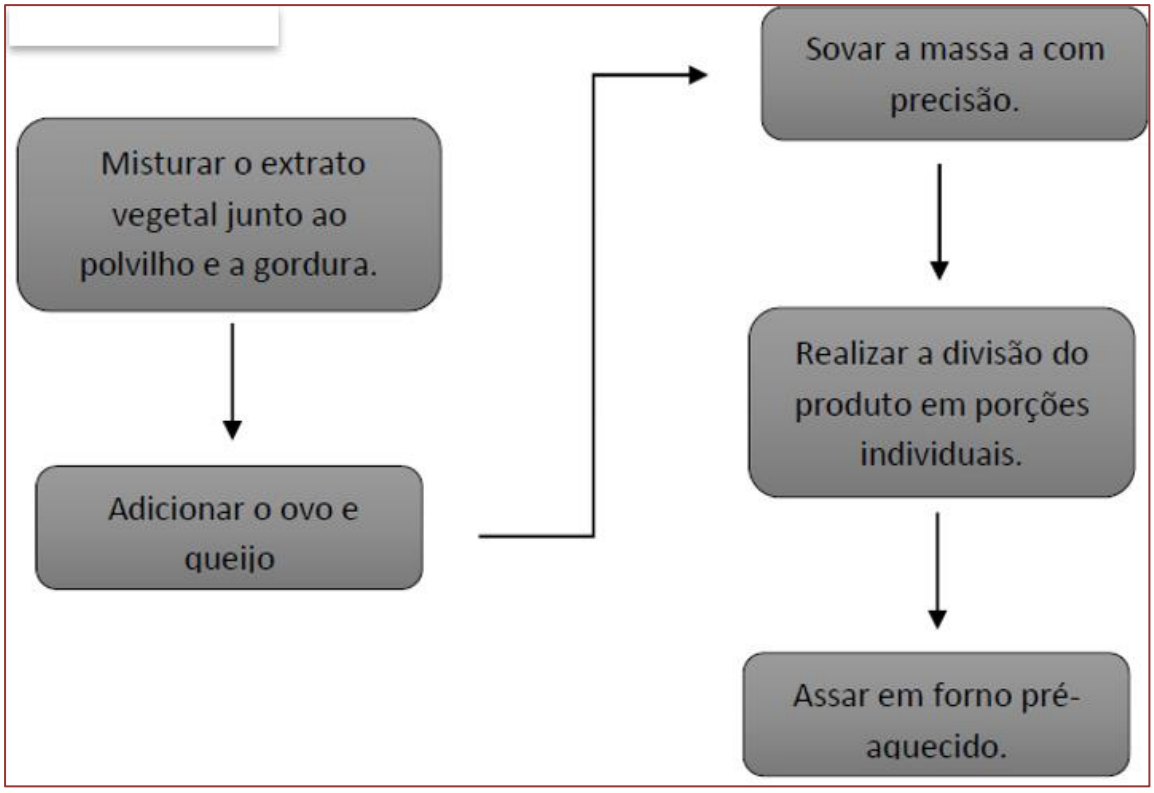
Figura 2 Fluxograma da obtenção do extrato vegetal. Teresina-PI, 2025



Fonte*:* Autoria Própria, 2025.

A Figura 3 apresenta o fluxograma do processo de obtenção do pão de queijo com adição de extrato vegetal, detalhando as etapas realizadas em Teresina-PI, no ano de 2025.

Figura 3: Fluxograma da obtenção do pão de queijo adicionado com o extrato vegetal Teresina-PI, 2025 3.6 Avaliação sensorial



Fonte*:* Autoria Própria, 2025.

A tabela 1 apresenta a formulação do pão de queijo funcional em porcentagens, especificando as faixas de concentração de cada matéria-prima utilizada na produção. Essa formulação foi elaborada com o objetivo de integrar ingredientes funcionais, como o extrato vegetal e a farinha de melão, para enriquecer o produto final. Os dados são provenientes da pesquisa realizada em 2025.

Quadro 1 - Formulação Percentual do Pão de Queijo Funcional

MATÉRIAS-PRIMAS	FAIXAS (%)
Queijo muçarela	20 - 75
Polvilho azedo	15 - 70
Manteiga	2 - 20
Ovos	1 - 22
Sal	0,01 - 2
Extrato vegetal	0,01 - 6
Farinha de Melão	2 - 20

Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

2.5. ANÁLISE SENSORIAL

A análise sensorial foi conduzida no Laboratório de Análise Sensorial de Alimentos (LASA) do Departamento de Nutrição da Universidade Federal do Piauí. Participaram 119 avaliadores não treinados, com idades entre 19 e 24 anos. Foram aplicados dois testes sensoriais: o teste de escala hedônica, para avaliar a aceitação do produto e o teste de intenção de compra, para verificar a probabilidade de aquisição do produto pelos avaliadores. As avaliações foram realizadas em condições controladas, com os participantes degustando as amostras de forma individual e registrando suas respostas em fichas específicas. O anonimato foi garantido durante todo o processo para assegurar a isenção dos resultados.

2.5.1. TESTE DE ESCALA HEDÔNICA

O Teste de Escala Hedônica expressa o grau de gostar ou não de um produto. A escala utilizada para esse teste foi a escala de 9 pontos, onde retrata-se em ordem decrescente: (9) gostei muitíssimo; (8) gostei muito; (7) gostei moderadamente; (6) gostei ligeiramente; (5) nem gostei, nem desgostei; (4) desgostei ligeiramente; (3) desgostei moderadamente; (2) desgostei muito; (1) desgostei muitíssimo.

2.6. TESTE DE INTENÇÃO DE COMPRA

O Teste de intenção de compra aplicado aos assessores permitiu saber se comprariam ou não o produto desenvolvido à base de buriti. Os assessores tinham que degustar a amostra e especificar na escala qual nota a identificavam. A escala para o teste de intenção de compra ia de 1 a 5, em ordem decrescente, sendo: (5) certamente compraria; (4) provavelmente compraria; (3) indiferente; (2) provavelmente não compraria; (1) não compraria.

2.7. ESTATÍSTICA

Realizou-se o teste de Kruskal-Wallis para verificar se havia diferenças significativas entre as notas atribuídas ao mesmo grupo, nas mesmas condições, utilizando tanto a escala hedônica quanto a escala de intenção de compra. Para verificar diferença entre as respostas dos colaboradores das variáveis existentes na escala hedônica e intenção de compra, foi aplicado o teste não paramétrico de Kruskal Wallis com um erro alfa de 5% ($p < 0,05$) e intervalo de confiança de 95%.

2.8. ASPECTOS ÉTICOS

O projeto temático do qual o presente estudo faz parte, foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal do Piauí, conforme as Diretrizes e Normas para Pesquisa com Seres Humanos do Conselho Nacional de Saúde – CSN, Resolução 466/12, sob o Parecer No 750.942. Os assessores sensoriais que fizeram parte da avaliação sensorial foram informados sobre os objetivos e metodologia da pesquisa e consultados por meio de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

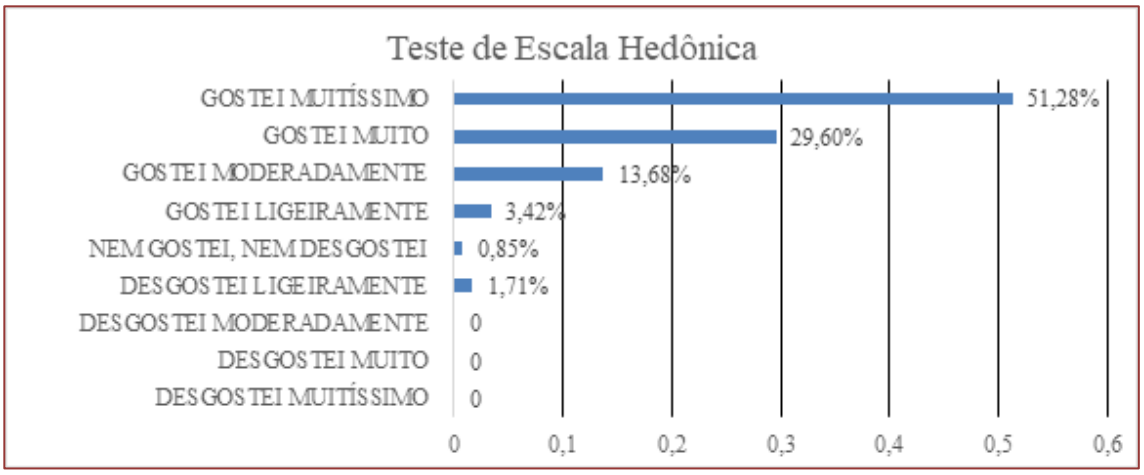
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. ESCALA HEDÔNICA E INTENÇÃO DE COMPRA

A análise sensorial do pão de queijo com adição de extrato vegetal da semente de melão apresentou resultados significativos em relação à escala hedônica e à intenção de compra. Com 117 respostas válidas, após a exclusão de dois formulários incorretos, o teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$) revelou uma diferença estatística, indicando que os avaliadores diferenciaram o produto inovador do pão de queijo tradicional, refletindo na aceitação sensorial e na intenção de compra.

No teste de escala hedônica de 9 pontos mediu a aceitação, observou-se uma predominância de avaliações positivas. Onde para a escala de "gostei muitíssimo'' foi escolhida por 60 assessores, "gostei muito" foi escolhida por 34 assessores, "gostei moderadamente" foi escolhida por 16 assessores, "gostei ligeiramente" foi escolhida por 4, "nem gostei, nem desgostei" foi escolhida por 1 assessor e desgostei ligeiramente foi escolhido por 2 assessores, as demais escalas não foram escolhidas. Esses resultados corroboram a eficácia da escala hedônica de nove pontos na avaliação da aceitação sensorial de alimentos. Desenvolvida na década de 1950 para medir a preferência dos alimentos servidos aos soldados americanos, essa escala tem sido amplamente adotada pela indústria alimentícia devido à sua sensibilidade e facilidade de uso pelos consumidores (Duarte *et al.*, 2010). Estudos recentes demonstram sua aplicação na avaliação de diversos produtos alimentícios, como pães integrais enriquecidos com farinha de maná cubiu (Silva *et al.*, 2021) e brownies de chocolate com ingredientes funcionais (Souza *et al.*, 2020). Logo abaixo na Figura 1 e na Tabela 1, são estão expressos os valores do teste de escala hedônica.

Figura 4 – Resultados do teste de escala Hedônica, Teresina – PI



Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

Quadro 2 - Teste de escala hedônica para pão de queijo, Teresina-PI

CLASSIFICAÇÃO	N° DE ASSESSORES	PORCENTAGEM (%)
Gostei muitíssimo	60	51,28%
Gostei muito	34	29,60%
Gostei moderadamente	16	13,68%
Gostei ligeiramente	4	3,42%
Nem gostei, nem desgostei	1	0,85%
Desgostei ligeiramente	2	1,71%
Desgostei moderadamente	-	-
Desgostei muito	-	-
Desgostei muitíssimo	-	-

Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

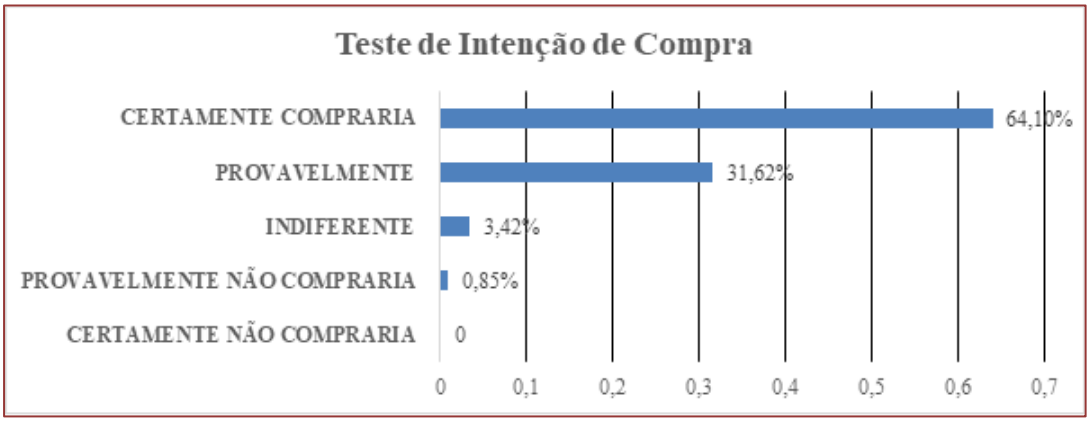
O teste de intenção de compra revelou resultados positivos, com destaque para a categoria "certamente compraria", escolhida por 64,10% dos avaliadores (75 pessoas), indicando forte aceitação do produto. Além disso, 31,62% (37 avaliadores) indicaram "provavelmente compraria", reforçando o interesse geral.

A intenção de compra é um indicador crucial para as empresas, pois oferece insights valiosos sobre o comportamento do consumidor. Ela permite uma melhor segmentação do público-alvo e a personalização das ofertas, o que pode resultar em uma experiência de compra mais satisfatória e em taxas de conversão mais altas. Fatores sensoriais, como cor, textura e preferências pessoais, influenciam diretamente as decisões de compra, o que é refletido nos resultados positivos desse teste, como afirmado por Walter *et al*. (2010).

Além disso, segundo Nogueira (2021), elementos como a qualidade do produto e a reputação da marca também desempenham papéis importantes na intenção de compra. A análise desses fatores permite que as organizações ajustem suas estratégias de marketing para atender melhor às expectativas dos consumidores.

As respostas neutras ou negativas foram mínimas, com 3,42% (4 avaliadores) indicando "indiferente" e apenas 0,85% (1 avaliador) optando por "provavelmente não compraria". Não houve registros de rejeição total, reforçando a aceitação geral do produto entre os avaliadores.

Figura 5 – Resultados do teste de intenção de compra, Teresina – PI



Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

Quadro 3 - Teste de intenção de compra para o pão de queijo, Teresina-PI

Classificação	N° de assessores	Porcentagem (%)
Certamente compraria	75	64,10%
Provavelmente compraria	37	31,62%
Indiferente	4	3,42%
Provavelmente não compraria	1	0,85%
Certamente não compraria	0	0,00%

Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

3.2. PROPRIEDADES DA SEMENTE DO MELÃO

Na tabela abaixo encontra-se os valores de comparação sobre a composição química das amostras de pão de queijo tradicional, de pão de queijo reformulada com feijão caupi e do pão de queijo com extrato vegetal da semente de melão.

Quadro 4 – Composição centesimal aproximada de diferentes pães de queijo. Teresina-PI

Amostras	Valor energético (kcal)	Proteínas (100g)	Carboidratos (100g)	Lipídeos (100g)
Tradicional	398,58	7,01	43,90	21,66
C/ Feijão Caupi	321	10,6	51,5	8,1
C/ Extrato vegetal	283	12,03	34,9	7,4

Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

A análise da composição centesimal apresentada na Tabela 4 evidencia diferenças importantes entre as amostras de pão de queijo tradicional, enriquecido com feijão-caupi e com extrato vegetal da semente de melão. O pão de queijo tradicional apresenta o maior valor energético (398,58 kcal) e teor de lipídeos (21,66 g/100 g), o que é consistente com

o perfil de alimentos ricos em gorduras saturadas e de elevada densidade calórica, como destacado por Philippi (2019). Esse perfil, embora contribua para o sabor e a aceitação sensorial, pode limitar seu consumo em dietas saudáveis, conforme observado na literatura. A adição do extrato vegetal de semente de melão pode não apenas agregar valor nutricional ao produto, mas também atender a uma crescente demanda por alimentos funcionais e sustentáveis Malacrida *et al*. (2007).

Entretanto, a versão enriquecida com extrato vegetal da semente de melão apresenta o menor valor energético (283 kcal) e teor de lipídeos (7,4 g/100 g), além de um aumento significativo na densidade nutricional em termos de proteínas (8,5 g/100 g), indicando uma reformulação mais alinhada com tendências de consumo saudável, conforme discutido por Martins *et al*. (2020), que destacam a importância de reduzir gorduras e aumentar a densidade proteica em alimentos tradicionais.

O pão de queijo enriquecido é diferenciado por incluir extrato vegetal da semente de melão, que contribui para aumentar a densidade nutricional do produto, adicionando compostos bioativos, fibras e outros demais nutrientes. Essa inovação não apenas modifica o perfil sensorial, mas também agrega valor funcional ao alimento, fazendo com que se alinhe as tendências de mercado por produtos mais saudáveis e nutritivos (Philipp, 2019). Isso se nota quando observamos a amostra com feijão-caupi, que se destaca pelo maior teor de proteínas (10,6 g/100 g) e carboidratos (51,5 g/100 g), evidenciando o impacto do uso alimentos funcionais na composição nutricional de alimentos processados, como relatado por Silva *et al*. (2021). Essa estratégia é amplamente defendida na literatura como uma forma eficaz de enriquecer produtos alimentícios com proteínas de alta qualidade e fibras, promovendo benefícios à saúde e maior saciedade, o que corrobora com a temática do presente estudo em questão.

O impacto do tipo de queijo utilizado na formulação do pão de queijo é um fator determinante para sua composição nutricional. Na comparação entre o queijo mussarela, utilizado na formulação do pão de queijo com extrato vegetal da semente de melão, e o queijo parmesão, frequentemente empregado na maioria dos pães de queijo tradicionais, é possível identificar diferenças importantes que ajudam a explicar os valores apresentados na Tabela 4.

O queijo parmesão é conhecido por seu alto teor de gorduras saturadas, sódio e calorias, características que influenciam diretamente o valor energético e lipídico do pão de queijo tradicional, que apresentou 398,58 kcal e 21,66 g de lipídeos por 100 g, além disso, seu perfil nutricional é marcado por uma alta densidade calórica e menor contribuição de proteínas quando comparado a queijos frescos ou semiduros, como a muçarela (Barro *et al*, 2011).

A muçarela, usada na formulação do pão de queijo com extrato vegetal, apresenta um teor de gorduras e sódio relativamente inferior ao do parmesão, contribuindo para a redução do valor energético (283 kcal) e lipídico (7,4 g/100 g) dessa amostra, além disso, a mussarela é um queijo de menor maturação e apresenta maior teor de água, o que pode diluir os valores de nutrientes por 100 g, impactando positivamente no equilíbrio nutricional do produto (Marinheiro *et al*, 2015). Essa escolha, aliada ao extrato vegetal da semente de melão, potencializa a densidade nutricional da formulação, oferecendo um produto mais leve e adequado a dietas equilibradas, sem comprometer a aceitação sensorial.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do pão de queijo funcional, com a adição de extrato vegetal da semente de melão, demonstrou ser uma estratégia eficaz para enriquecer o produto tradicional com características nutricionais mais vantajosas. A formulação testada obteve uma aceitação positiva nos testes sensoriais, evidenciada pelas altas notas atribuídas pelos avaliadores, especialmente no que se refere ao sabor e à textura. Os resultados do teste de intenção de compra também indicaram uma forte disposição dos consumidores em adquirir o produto, o que sugere uma boa perspectiva de comercialização.

A composição nutritiva do pão de queijo funcional revelou-se equilibrada, com uma redução nas calorias e carboidratos, além do aumento de nutrientes benéficos como proteínas e fibras. Essa modificação no perfil nutricional do produto é um avanço significativo em relação ao pão de queijo convencional, que possui uma densidade nutricional limitada.

Em termos de inovação, o uso da semente de melão, geralmente descartada, agregou valor ao produto, ao mesmo tempo que contribuiu para a sustentabilidade ao reaproveitar um subproduto agrícola. Os dados obtidos confirmam o potencial desse pão de queijo funcional como uma opção mais saudável para os consumidores, alinhada com as tendências atuais de alimentação saudável e sustentável. Portanto, os resultados deste estudo contribuem de forma relevante para a evolução da indústria de panificação, oferecendo uma alternativa nutritiva e inovadora ao mercado.

REFERÊNCIAS

[1] BARROS, J. J. de C. *et al.* Queijo Parmesão: caracterização físico-química, microbiológica e microestrutura. **Food Science and Technology**, v. 31, p. 285-294, 2011.

[2] BORGES, A. F. *et al*. Aceitação sensorial de barras de cereais enriquecidas com biomassa de fermentação do vinho. **Alimentos e Nutrição**, v. 31, n. 4, p. 705-712, 2020.

[3] CAVALCANTI, I. F. A.; FERREIRA, N. J.; DIAS, M. A. F. S.; SILVA, M. G. A. J. **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

[4] DUARTE, M. A. A. *et al.* Aplicação de métodos sensoriais na análise de aceitação de alimentos. **Revista Brasileira de Agrociência**, v. 16, n. 4, p. 315-320, 2010.

[5] DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba: Editora Universitária Champagnat, 2ª ed., 2008.

[6] GARCIA, D. M. et al. Determinação de características tecnológicas de farinhas produzidas a partir de resíduos de polpas de mamão, melão e goiaba e sua utilização na elaboração de biscoitos tipo cookies. **ScientiaTec: Revista de Educação, Ciência e Tecnologia do IFRS,** v. 4, n. 1, p. 29-41, jan./jun. 2017.

[7] MALACRIDA, C. R. *et al*. Composição química e potencial antioxidante de extratos de sementes de melão amarelo em óleo de soja. **Revista Ciência Agronômica**, v. 38, n. 4, p. 372-376, 2007.

[8] MARINHEIRO, M. F. *et al.* Qualidade microbiológica de queijo mussarela em peça e fatiado. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 36, n. 3, p. 1329-1334, 2015.

[9] MARTINS, C. M. *et al.* Reformulação de alimentos tradicionais: estratégias para redução de gorduras e aumento da densidade nutricional. **Food Research International**, v. 130, p. 108-118, 2020.

[10] MIRANDA, M. P. dos S. *et al*. Preparações culinárias elaboradas com farinha das sementes de melão cantaloupe: estudo piloto. **Revista Ciência Plural**, v. 7, n. 3, p. 43-60, 2021.

[11] NOGUEIRA, M. B. Fundamentos e Introdução à Análise Sensorial. **Análise Sensorial Clássica: Fundamentos e Métodos**, p. 9, 2021.

[12] PEREIRA, H. L. S. **Aceitabilidade e composição centesimal de bolo de chocolate (tipo mãe**

benta) isento de glúten e lactose fortificado com farinha de sementes de melão (Cucumis melo). 2014, f. 51. Monografia (Graduação) – Universidade Federal do Maranhão, Curso de Nutrição, 2014.

[13] PHILIPPI, S. T. **Pirâmide dos alimentos: fundamentos básicos da nutrição**. 2. ed. Barueri: Manole, 2019.

[14] PHILLIPI, S. T. **Tabela de composição de alimentos: suporte para decisão nutricional**. 5. ed. Barueri: Manole, 2016.

[15] PINTO, R. G. **Avaliação das boas práticas de fabricação e da qualidade microbiológica na produção de pão de queijo**. Belo Horizonte, 2001.

[16] SILVA, J. B. *et al*. Utilização tecnológica de semente de abóbora na elaboração de biscoitos fontes de fibra alimentar e sem adição de açúcar. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 4, n. 1, p. 58-71, 2010.

[17] SILVA, M. C. R. *et al*. **Pão de queijo: fundamentos práticos para produção**. 2022.

[18] SILVA, R. A. *et al*. Avaliação sensorial de pães integrais enriquecidos com farinha de maná cubiu. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 41, n. 2, p. 123-130, 2021.

[19] SILVA, R. A. *et al*. Uso de leguminosas na fortificação de alimentos processados: impacto na composição nutricional e aceitação sensorial. **Journal of Food Scienc***e*, v. 86, n. 4, p. 1453-1462, 2021.

[20] SOUZA, L. C. *et al*. Desenvolvimento de brownies funcionais e análise sensorial utilizando escala hedônica. **Revista de Ciências da Saúde**, v. 18, n. 1, p. 45-52, 2020.

[21] VIEIRA, R. de F. F. A. *et al*. Adição de farinha da casca de melão em cupcakes: composição físico-química e aceitabilidade entre crianças. **Conexão Ciência**, Formiga/MG, v. 12, n. 2, p. 22-30, 2017.

[22] WALTER, E. H. M. *et al*. A influência de coberturas comestíveis na aceitação sensorial e intenção de compra de bolos de chocolate. **Food Science and Technology**, v. 30, p. 335-341, 2010.

Capítulo 2

Desenvolvimento de sobremesa láctea de baunilha isenta de lactose com calda de acerola

Maria Clara Gomes de Oliveira
Lara Giovana Rabelo da Rocha
Isabelly Luzia Pierot Rodrigues
Thaís Brandão Vasconcelos
Beatriz do Carmo Brito
Maria Fabrícia Beserra Gonçalves
Dayane Dayse de Melo Costa
Amanda Castro Amorim Serpa Brandão
Regilda Saraiva dos Reis Moreira Araújo

Resumo: **Introdução:** O estudo aborda o desenvolvimento de uma sobremesa láctea de baunilha isenta de lactose com calda de acerola, visando atender às demandas de consumidores com intolerância à lactose e aqueles que buscam opções mais saudáveis. A acerola foi escolhida por seu alto teor de vitamina C e propriedades antioxidantes. **Metodologia**: A pesquisa incluiu a elaboração de duas formulações: uma com ingredientes zero lactose e outra com ingredientes lácteos de origem vegetal. A calda de acerola foi preparada com a fruta, açúcar e limão. A análise sensorial, realizada com 124 provadores, empregou testes de escala hedônica, intenção de compra e pareado de preferência. **Resultados**: Demonstrou-se que a formulação zero lactose teve maior aceitação (99,19% de aprovação), destacando-se por sua textura e sabor, enquanto a versão vegetal apresentou menor preferência devido à textura gelatinosa e sabor residual. Ambas as formulações atenderam às recomendações nutricionais da ANVISA, com destaque para o alto teor de vitamina C. **Conclusão**: O estudo demonstrou a viabilidade da sobremesa láctea zero lactose como uma opção com potencial comercial. A ausência de patentes similares reforça a originalidade do produto. A versão vegetal, embora menos preferida, ainda representa uma alternativa válida, necessitando de ajustes para melhorar sua aceitação.

Palavras-chave: Alimento Funcional, Análise Sensorial, Malpighiaceae, Intolerância à Lactose.

1. INTRODUÇÃO

A sociedade contemporânea vem sofrendo uma enorme modificação em seus padrões alimentares nos mais diversos âmbitos devido a globalização. Tais mudanças estão diretamente associadas ao maior acesso ao conhecimento e informação sobre os alimentos, influenciando as escolhas em relação ao alimento a ser consumido pela sociedade. Consequentemente, a indústria de alimentos vem buscando intensivamente a produção de alimentos com conceitos que agreguem maior qualidade de vida e manutenção da saúde. Modificando e adicionando nutrientes que possuem capacidade de atuar no metabolismo do organismo, promovendo benefícios (Safraid *et al.*, 2022).

A partir de tal pressuposto, iniciou-se a elaboração de alimentos para fins especiais, ou seja, formulações especialmente realizadas para indivíduos com a capacidade prejudicada ou limitada da digestão, absorção ou metabolização de nutrientes, enzimas e dentre outras substâncias comuns em demais seres (Berry *et al*., 2020).

Com o crescimento populacional e a maior demanda por alimentos, a intolerância à lactose tem sido uma condição clínica de muito interesse por parte de diversos laboratórios e indústrias do ramo alimentício e farmacêutico. Cerca de 60% da população brasileira possui um certo grau de intolerância à lactose, representando assim um mercado potencialmente vantajoso para as grandes empresas e com alta demanda por pesquisas (Bakanovas, 2020).

Logo, a indústria alimentícia está atualmente empenhada no desenvolvimento de diversos produtos alimentícios que apresentam propriedades especiais. Entre os alimentos de alto consumo e com uma inclinação para versões mais saudáveis e funcionais, destacam-se as sobremesas lácteas (Feitoza *et al.*, 2019).

Sobremesas lácteas demonstram um grande potencial no desenvolvimento de alimentos funcionais, devido seu abrangente consumo entre todas as faixas etárias e em todo o mundo. Tal alimento pode ser encontrado em diversos sabores, apresentações e com adições de proteínas, probióticos, prebióticos, minerais e vitaminas (Hemmati *et al.*, 2022; Hosseinipour *et al.*, 2024; Lino *et al.*, 2022).

Os hábitos alimentares estão em constante transformação, impulsionados pela valorização da praticidade na hora das refeições. Esse fenômeno reflete-se nas sobremesas lácteas, que se destacam como opções prontas para o consumo. A introdução de avanços tecnológicos nas indústrias de laticínios tem permitido a incorporação de ingredientes inovadores, resultando no desenvolvimento de sobremesas lácteas com novos sabores e aprimorada qualidade nutricional (Pereira, *et al.* 2018).

Outrossim, a acerola (*Malpighia* spp) é uma fruta da América Central que possui uma das fontes naturais mais ricas de ácido ascórbico e contém uma infinidade de fitonutrientes como carotenóides fenólicos, antocianinas e flavonóides. A fruta contém uma quantidade exorbitante de ácido ascórbico na faixa de 1.500 - 4.500 mg/100 g, que é cerca de 50–100 vezes maior que a da laranja ou do limão. Possuindo um reservatório de fitonutrientes, a fruta apresenta alta capacidade antioxidante, antiinflamatória e diversas propriedades biofuncionais interessantes. A vitamina C possui papéis fisiológicos como ação antioxidante, facilitação da absorção de ferro e prevenção do escorbuto (Doseděl *et al.,* 2021; Silva; Duarte; Barrozo, 2019; Prakash; Baskaram, 2018).

Há um aumento de interesse nesta fruta entre a comunidade científica e as empresas farmacêuticas nos últimos anos. A fruta contém uma quantidade exorbitante de ácido ascórbico na faixa de até 1500 mg/100 g, que é cerca de 50–100 vezes maior do que a de

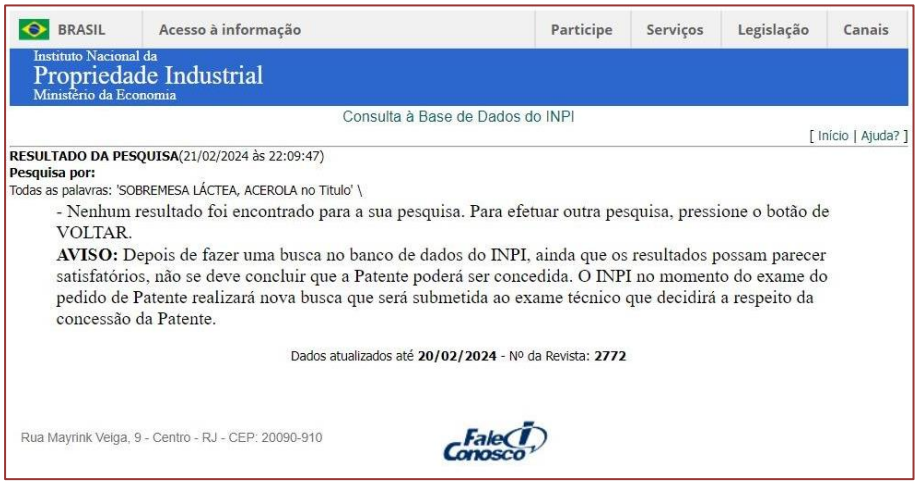
laranja ou limão. Tendo um reservatório de fitonutrientes, a fruta exibe alta capacidade antioxidante e várias propriedades biofuncionais interessantes, como efeito de clareamento da pele, anti envelhecimento e atividade de reversão multirresistente (Prakash, 2018).

2. METODOLOGIA

2.1. BUSCA DE ANTERIORIDADE

Inicialmente, foi conduzida uma pesquisa de anterioridade no site do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) para verificar a existência de patentes relacionadas ao produto a ser desenvolvido. Foram empregados dois descritores principais na pesquisa: sobremesa láctea e acerola. No entanto, não foram encontradas patentes relacionadas às matérias-primas essenciais à ideia de desenvolvimento. O resultado da pesquisa no site do INPI está ilustrado na Figura 1.

Figura 1 - Resultado da busca de anterioridade feita no sistema do INPI



Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

2.2. MATÉRIA-PRIMA E LOCAL DE ESTUDO

Todas as matérias primas necessárias para a produção das sobremesas lácteas foram adquiridas em comerciais locais no município de Teresina-PI. O desenvolvimento dos sorvetes e a análise sensorial foram realizados no Laboratório de Desenvolvimento de Produtos e Análise Sensorial de Alimentos (LASA) da Universidade Federal do Piauí – UFPI.

2.3. ELABORAÇÃO DA SOBREMESA LÁCTEA

A escolha das formulações foi feita para duas versões: zero lactose e vegetal, visando que as mesmas apresentassem boas características de sabor, aparência e textura. Ambas formulações desenvolvidas utilizaram uma única formulação de calda de acerola.

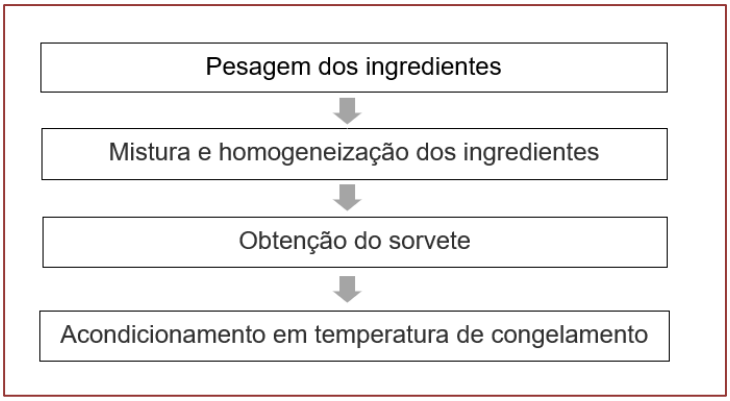
As matérias-primas para a elaboração das sobremesas foram: leite líquido zero lactose, leite líquido de amêndoas, creme de leite zero lactose, creme de leite de aveia, leite condensado zero lactose, leite condensado vegetal, essência de baunilha e goma xantana.

As matérias-primas foram pesadas para posteriormente serem misturadas para preparação da sobremesa láctea. Inicialmente, foi adicionado em uma batedeira o leite líquido, creme de leite e goma xantana respectivo de sua formulação e foram misturados até chegar em uma consistência homogênea e sem grumos.

Logo em seguida, acrescentou-se o leite condensado da respectiva formulação e a essência de baunilha, e novamente os ingredientes foram misturados até chegar em uma consistência semelhante ao chantilly.

A massa da sobremesa foi transferida a um recipiente plástico devidamente esterilizado e foi acondicionada à temperatura de congelamento de -18ºC. Na Figura 2 consta o fluxograma para obtenção das sobremesas.

Figura 2 - Fluxograma da obtenção das formulações de sobremesas lácteas à base de produtos zero lactose e produtos vegetais



Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

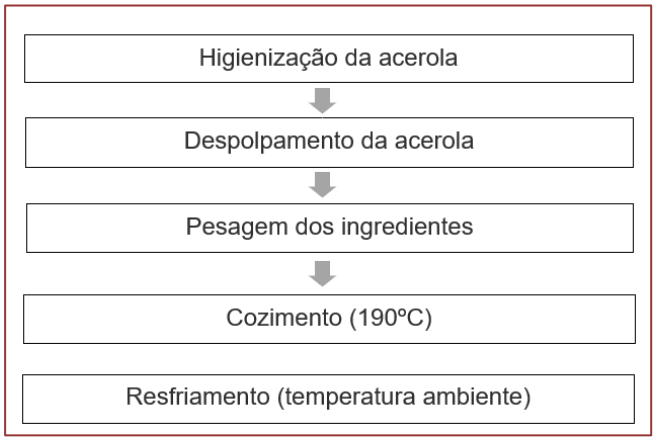
2.4. ELABORAÇÃO DA CALDA DE ACEROLA

A escolha entre três formulações desenvolvidas foi feita visando um produto que apresentasse boas características de sabor, aparência e textura. Assim, decidiu-se utilizar a formulação com maior quantidade de acerola.

As matérias-primas para a elaboração da calda foram: acerola, açúcar cristal e sumo de limão. Inicialmente, foi realizado o despolpamento das acerolas, visando obter para uso apenas a parte comestível e descartando suas sementes. Logo em seguida, todos os ingredientes foram pesados.

Em seguida, todos os ingredientes foram adicionados em uma panela e levada ao fogo médio, misturando constantemente até chegar na consistência de calda. Após isso, a calda foi transferida para um recipiente plástico devidamente esterilizado e resfriada a temperatura ambiente. Encontra-se na Figura 3 o fluxograma para obtenção da calda de acerola.

Figura 3 - Fluxograma da obtenção da formulação da calda de acerola



Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

2.5. ESTIMATIVA DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA

A formulação da composição química do produto foi estimada com base nos valores disponíveis na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO). Quando se tratava de produtos não contemplados nesta tabela, utilizou-se as informações contidas na tabela nutricional presente nas embalagens desses produtos. Essa abordagem permitiu obter uma estimativa precisa e abrangente da composição química do produto em questão.

2.6. ANÁLISE SENSORIAL

O painel sensorial foi conduzido no Laboratório de Desenvolvimento de Produtos e Análise Sensorial de Alimentos (LASA) da Universidade Federal do Piauí – UFPI. Foram recrutados 124 provadores não treinados, de ambos os sexos na faixa etária de 18 à 60 anos, para participarem da degustação de duas amostras identificadas por números aleatórios de três dígitos. Os participantes foram solicitados a avaliar as amostras utilizando o teste de escala hedônica de 9 pontos, o teste de intenção de compra e o teste pareado de preferência. Os detalhes dos testes estão disponíveis nos anexos C, D e E. Além disso, para garantir uma avaliação imparcial, os assessores foram fornecidos com água mineral para limpeza do palato entre as amostras.

2.7. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para análise estatística foi-se utilizado para verificar diferença significativa entre as formulações o teste qui-quadrado de Pearson com um alfa de 5% ($p < 0,05$) para aceitar significância com 95% de intervalo de confiança.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. COMPOSIÇÃO QUÍMICA

O resultado da composição nutricional das formulações de sobremesa láctea se encontram de acordo com a porção recomendada pela ANVISA para o grupo dos doces e açúcares, apresentada na tabela 1.

Tabela 1 - Composição química das formulações de sobremesa láctea zero lactose e vegetal

Nutrientes (g/mg) / VET (kcal)	Formulação Zero Lactose		Formulação Vegetal	
	100 g	60 g	100g	60 g
Carboidratos	35,6	21,4	33,2	20
Proteínas	3,1	1,9	0,4	0,2
Lipídeos	7,2	4,3	5,6	3,4
Cálcio	111,6	67	45	27
Vitamina C	208,7	125,2	208,7	125,2
VET	193	116	168	101

Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Segundo a Instrução Normativa Nº 75, de 8 de outubro de 2020 (Brasil, 2020) que aborda sobre os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados. A ingestão diária recomendada (IDR) de vitamina C para um adulto é de 100 mg. Observando a tabela 1, nota-se que a 120g de ambas as formulações já ultrapassam essa recomendação, tendo assim uma ótima concentração de ácido ascórbico.

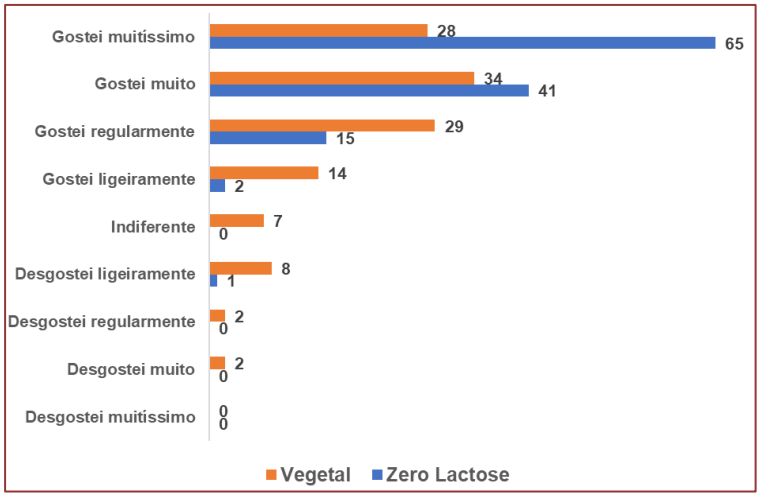
Ademais, tal legislação afirma que para um alimento ser considerado fonte de um nutriente, o mesmo deve ter no mínimo 15% do VDR por porção de referência. Já para ser considerado um alimento rico, o mesmo deve conter 30% do VDR por porção de referência. Análogo a isto, percebe-se que ambas formulações são produtos fonte em vitamina C com um alto teor de concentração que ultrapassa os 30% do VDR em uma porção de 120g.

Martins *et al.* (2019) desenvolveu um sorvete de base de aipim sem lactose no qual ao analisar a composição nutricional do produto, o mesmo apresentou um teor de 1,5g, 19,5g e 33,8 mg de proteínas, carboidratos e cálcio, respectivamente.

3.2. TESTE DE ESCALA HEDÔNICA DE 9 PONTOS

Consoante Nora (2021), também chamados de testes de consumidores, os testes afetivos medem o quanto uma população gostou de um produto, sendo indicados para avaliação da preferência e aceitabilidade. São métodos em que avaliam subjetivamente a preferência ou aceitação de um produto pelo consumidor por meio da aplicação dos testes de comparação pareada, ordenação ou utilizando escalas. Os mesmos são classificados em qualitativos e quantitativos. A partir do exposto, a seguir estão os resultados obtidos na realização dos testes sensoriais com as duas formulações das sobremesas lácteas zero lactose e vegetal.

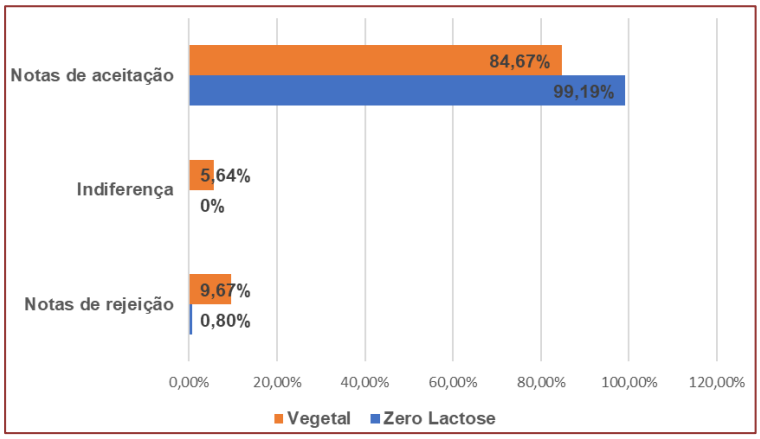
Figura 4 - Resultado do teste de escala hedônica das formulações zero lactose e vegetal. Teresina-PI, 2024



Fonte: Dados do autor, 2024.

Ao analisar os dados apresentados na Figura 4, fica evidente que dos 124 avaliadores, 65 expressaram sua preferência como "gostei muitíssimo" para a formulação zero lactose, enquanto 28 optaram pela formulação vegetal. No que diz respeito à categoria "gostei muito" na escala hedônica, 41 avaliadores escolheram essa opção para a formulação zero lactose, enquanto 34 optaram pela formulação vegetal. Por outro lado, 29 avaliadores selecionaram "gostei regularmente" para a formulação vegetal, enquanto apenas 15 fizeram o mesmo para a formulação zero lactose. Além disso, no quesito "gostei ligeiramente" da escala hedônica, 14 avaliadores deram essa classificação para a formulação vegetal, em comparação com apenas 2 para a formulação zero lactose.

Figura 5 - Percentual das notas obtidas no teste de escala hedônica das formulações zero lactose e vegetal. Teresina-PI, 2024



Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

A partir da figura 5, é possível observar que a maioria das avaliações concentrou-se na faixa de aceitação, abrangendo desde "gostei regularmente" até "gostei muitíssimo". Em que ambas as formulações apresentaram um ótimo índice de aceitação, especialmente a formulação zero lactose com 99,19% de aceitação, 0% de indiferença e 0,80% de rejeição. Demonstrando que o produto possui características sensoriais distintas, proporcionando uma experiência sensorial clara aos consumidores e evitando indecisões.

No trabalho realizado com picolés de frutas zero lactose, Maas *et al.* (2020) relataram que os assessores apresentaram uma ótima aceitação no qual 76,5% e 16% dos assessores gostaram muitíssimo e gostaram muito do picolé, respectivamente, ou seja, 92,5% do público avaliou o produto com notas elevadas.

Em outro estudo, Prata *et al.* (2018) investigaram a praticabilidade do uso de *Lactobacillus casei* em sorvetes isentos de lactose. Os resultados indicaram que tanto o sorvete com a adição de *L. casei* quanto o sorvete sem essa adição apresentaram alta aceitação. A porcentagem de notas iguais ou superiores a 6 foi de 99,78% para o sorvete com adição e 99,89% para o sorvete sem adição.

De acordo com Santos *et al.* (2010), os testes sobre preferências e inserção de novos produtos para o setor alimentício em geral são baseados primeiramente em percepções afetivas sensoriais tais como “gostei” ou “não gostei”, e só depois pelas suas propriedades nutricionais e seus benefícios para a saúde. Esses testes, quando incorporados às etapas iniciais do desenvolvimento de um novo produto e repetidos ao longo do tempo, podem estabelecer um diferencial importante para o sucesso de um alimento. Nesse sentido, pode-se observar a relevância desse teste para avaliar o diferencial desses dois produtos, visto que a formulação zero lactose apresentou um maior número de votos ressaltando sua possível viabilidade comercial.

Ao examinar os dados referentes à aceitação da sobremesa láctea à base de produtos vegetais, nota-se que houve uma resposta consideravelmente positiva ao levar em conta os votos em gostei muito. No entanto, uma das razões apontadas pelos avaliadores para uma possível falta de preferência em comparação com a formulação zero lactose é a

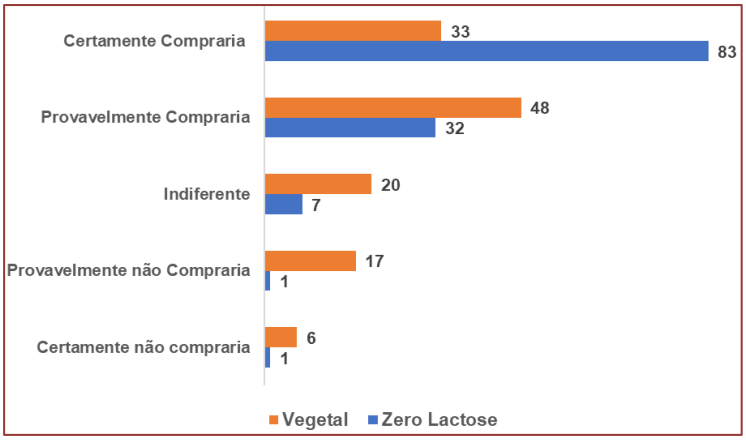
textura mais gelatinosa e menos agradável percebida na versão à base de produtos vegetais.

Dessa forma, segundo Pua *et al.* (2022), os análogos dos laticínios vegetais enfrentam forte concorrência dos produtos lácteos bovinos tradicionais em termos de sabor, funcionalidade, nutrição e custo, o que pode ser um desafio dadas as restrições de composição da matriz vegetal. As funcionalidades desses análogos vegetais também podem ficar aquém das expectativas do consumidor, e os análogos podem exigir reestruturação adicional para atender às demandas texturais. A partir disso, pode-se pontuar um provável desequilíbrio entre as quantidades e os produtos vegetais utilizados em tal formulação.

3.3. TESTE DE INTENÇÃO DE COMPRA

Teixeira (2009) afirma que os testes de intenção de compra descrevem os desejos dos consumidores de adquirir o produto em estudo e pode, por fatores não sensoriais como seu padrão de vida e base cultural variar. Esses parâmetros têm potencial de exibir respostas diferentes diante de diversos fatores, como por exemplo o preço, o conjunto desses fatores influencia diretamente na aceitação ou não do produto por parte dos consumidores. Nesse sentido, a Figura 6 apresenta a distribuição das notas quanto a intenção de compra do público.

Figura 6 - Resultado do teste de intenção de compra das duas formulações zero lactose e vegetal. Teresina-PI, 2024

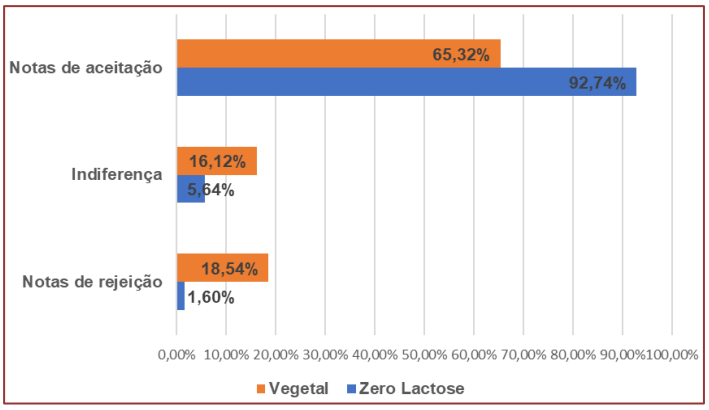


Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Analisando a figura 6, é notório que o teste de intenção de compra, no quesito certamente compraria, 83 assessores colocaram que certamente compraria a formulação da sobremesa zero lactose e 33 assessores votaram na sobremesa de formulação vegetal. Já em relação a opção provavelmente compraria, 48 assessores votaram na formulação vegetal e 32 assessores votaram na formulação zero lactose. E em relação à opção indiferente, 20 assessores votaram na formulação vegetal e 7 votaram na formulação zero lactose. No que diz respeito ao quesito provavelmente não compraria, 17 assessores

provavelmente não comprariam a sobremesa de formulação vegetal e 1 assessor provavelmente não compraria a formulação zero lactose. No que concerne a opção certamente não compraria, 6 assessores votaram essa opção para a sobremesa láctea de formulação vegetal e 1 assessor votou na opção da formulação zero lactose.

Figura 7 - Percentual das notas obtidas no teste de intenção de compra das formulações zero lactose e vegetal. Teresina-PI, 2024



Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

De acordo com a figura 7, é evidente a grande quantidade de notas em ambas as formulações na categoria de aceitação, que abrange as notas "provavelmente compraria" e "certamente compraria", destacando-se a sobremesa zero lactose com uma maior intenção de compra. Nesse contexto, 66,93% dos avaliadores expressaram certeza de que comprariam a sobremesa zero lactose, em comparação com 26,61% que optaram pela sobremesa vegetal. Além disso, 25% dos avaliadores indicaram que provavelmente comprariam a sobremesa zero lactose, enquanto 38,7% escolheram a opção da sobremesa vegetal. Esses resultados refletem uma preferência notável pela formulação zero lactose, tanto na certeza quanto na probabilidade de compra.

No trabalho realizado com sorvete de tamarindo sem lactose, Silva *et al.* (2022), relataram que os assessores apresentaram uma ótima intenção de compra, no qual 84% do público certamente compraria sempre o produto desenvolvido neste estudo.

Em uma pesquisa conduzida por Souza *et al.* (2021), foi elaborada uma sobremesa láctea enriquecida com babaçu e cupuaçu, apresentando três formulações distintas em relação à quantidade de açúcar adicionado. Os resultados indicaram uma preferência significativa pelos consumidores em relação à terceira formulação da sobremesa láctea, com 55,88% e 41,18% das respostas indicando "certamente comprariam" e "provavelmente comprariam", respectivamente.

De acordo com Almeida (2013), o tato é uma contribuição crucial para que o consumidor faça avaliação do produto. O primeiro sentido a funcionar é a visão, mas o paladar é responsável pelo processo de decisão de compra, na medida que a ação de tocar torna-se essencial para avaliar aquilo que nos é apresentado. Diante disso, é possível justificar o maior público de consumidores que “certamente compraria” a sobremesa zero lactose,

uma vez que os mesmos ressaltaram uma melhor consistência e melhor combinação de sabores com a calda de acerola.

Ao analisar os dados referentes à formulação vegetal, é evidente um interesse significativo na intenção de compra deste produto. No entanto, simultaneamente, destaca-se uma rejeição por parte de alguns avaliadores. Uma possível explicação apresentada pelos assessores para esse resultado é que a sobremesa à base de produtos vegetais exibe uma textura menos agradável e deixa um sabor residual vegetal na boca, o que resulta em uma combinação menos apreciada quando acompanhado da calda de acerola.

3.4. TESTE PAREADO DE PREFERÊNCIA

De acordo com Nora (2021), os testes de preferência podem ser considerados como uma das mais importantes etapas da análise sensorial, representando o somatório de todas as percepções sensoriais e expressando o julgamento sobre a qualidade do produto. Eles são aplicados quando se deseja avaliar a preferência do consumidor em relação a duas ou mais amostras comparadas entre si, sem levar em conta o gosto pessoal de cada avaliador. Nesse sentido, a Tabela 4 apresenta os resultados referentes à preferência dos assessores quanto às duas amostras.

Tabela 2 - Preferência entre as duas formulações zero lactose e vegetal no teste pareado de preferência. Teresina-PI, 2024

Quantidade de assessores	Respostas	
	Zero Lactose	**Zero Lactose**
124	124	30
Estatística	**p < 0,05**	**p > 0,05**

Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

O teste pareado de preferência mostrou significância p < 0,05 na formulação com zero lactose, com melhor aceitação. Nesse sentido, pode-se perceber com a tabela 3, que dos 124 assessores que degustaram as duas formulações da sobremesa, 94 preferiram a sobremesa láctea com ingredientes zero lactose e os outros 30 assessores preferiram a versão com ingredientes vegetais. Dessa forma, a sobremesa láctea com a formulação zero lactose obteve uma melhor aceitação.

São usados especificamente quando se deseja colocar um produto em competição direta em relação a outro. O teste força a escolha de um item sobre outro(s), não indicando se o indivíduo gostou ou desgostou.

Segundo Ferreira *et al.* (2015), na busca pela diferença significativa de amostras, inicialmente é preciso formular a hipótese nula, assumindo a ausência de qualquer diferença estatística entre os grupos, e a hipótese alternativa, considerando a presença de uma diferença estatisticamente significativa. Posteriormente, opta-se por um teste estatístico para calcular uma estatística de teste, a qual representa uma medida numérica padronizada da disparidade entre os grupos. Após a obtenção da estatística de teste, o mesmo é utilizado para determinar o valor-p. O valor-p é definido como a probabilidade de se observar um valor da estatística de teste igual ou superior ao obtido.

Desta maneira, analisando os dados obtidos por meio do teste estatístico com relação da diferença estatística entre as duas amostras. É perceptível a diferença significativa pela

preferência da formulação zero lactose ao nível de 5% de significância e 95% de confiabilidade.

Com base no estudo conduzido por Kroth e Vicenzi (2016), que desenvolveu um sorvete adicionado de polpa de cereja-do-rio-grande, os resultados do teste de preferência indicaram que 40 avaliadores preferiram a amostra de sorvete comercial, enquanto 35 optaram pela amostra de sorvete com adição de polpa. Consequentemente, não foi observada uma preferência significativa entre os dois tipos de sorvete.

Em outro estudo, realizado por Passos *et al.* (2020), que elaborou um sorvete vegano adicionado de açaí, a análise estatística não permitiu determinar claramente a amostra preferida. Dos 74 avaliadores, seria necessário que pelo menos 47 indicassem a mesma amostra como preferida para que houvesse uma preferência estatisticamente significativa. No entanto, apenas 33 escolheram a formulação 3 como preferida. Entre os avaliadores, 22 manifestaram preferência pela formulação 1, enquanto 19 preferiram o sorvete cuja composição incluía leite de coco líquido e 100% leite de arroz em pó (formulação 2).

Comparando esses resultados com o presente estudo, que trata da sobremesa zero lactose, observa-se uma preferência significativa, indicando que suas características sensoriais são claramente definidas e agradam ao consumidor.

De acordo com Dell'osbela *et al*. (2017), com os avanços que aconteceram no setor da tecnologia dos alimentos nos últimos anos, tornou-se possível adaptar os produtos para o público intolerante à lactose e a cada dia percebesse a necessidade novas opções para esse público. Entre os alimentos derivados de leite que mais agradam a população brasileira está a sobremesa láctea, o qual pode ser composto por frutas e sementes. Destaca-se que essa procura por alimentos variados, estimula as indústrias alimentícias a desenvolverem alimentos voltados ao público em questão.

Sob essa perspectiva, ao analisar a preferência dos consumidores em relação às duas amostras de sobremesa láctea, foi perceptível o impacto de aceitação na sobremesa zero lactose mostrou-se favorável a um maior número consumidores, tendo em vista que produtos alternativos com teores reduzidos de lactose são capazes de complementar as necessidades nutricionais de indivíduos intolerantes a lactose.

4. CONCLUSÃO

Portanto, pode-se concluir que as duas formulações de sobremesa obtiveram ótima aceitação pelos assessores, porém a sobremesa láctea de baunilha com a formulação zero lactose apresentou melhor aceitação em comparação com a sobremesa de formulação vegetal, demonstrando um ótimo potencial comercial.

Ademais, ao verificar a anterioridade do produto, observou-se que não foram encontradas patentes relacionadas às matérias-primas essenciais à ideia de desenvolvimento, ressaltando assim que não há nenhum produto no mercado que corresponda à ideia inicial do projeto.

Em relação à composição nutricional, a sobremesa se encontra de acordo com a porção recomendada pela ANVISA, além das duas formulações de sobremesa serem consideradas fonte em ácido ascórbico.

REFERÊNCIAS

[1] ALMEIDA, N. **O impacto da necessidade de toque na experiência da marca**. Dissertação de Mestrado. Aveiro: IPAM, 2013.

[2] BAKANOVAS, A. M. **Intolerância à Lactose: Conceitos Atuais e seus Tratamentos**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2020.

[3] BERRY, S. A. *et al.* Medical Foods for Inborn Errors of Metabolism: History, Current Status, and Critical Need. **Pediatrics**, v.145, n.3, 2020.

[4] BRASIL. Ministério da Saúde/Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa – IN 75, de 08 de outubro de 2020. Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional nos alimentos embalados. **Diário Oficial da União**, 2020.

[5] DELL'OSBELA, R. S.; DAMINA, B. R. S.; MOGNONA, G.; GOMESA, L. C.; MARTINOTTOA, P.; SEHNEMA, N. T. **Desenvolvimento de produto para intolerantes à lactose: produção de sorvete de goiaba**. V Congresso de Pesquisa e Extensão da FSG III Salão de Extensão. Caxias do Sul – RS, 2017.

[6] DOSEDĚL, M. *et al.* Vitamin C—Sources, Physiological Role, Kinetics, Deficiency, Use, Toxicity, and Determination. **Nutrients**, v. 13, n. 2, 2021.

[7] FEITOZA, J. V. F. Prebióticos fruto-oligossacarídeos como substitutos do açúcar comercial em sobremesas aeradas de morango com matriz não láctea. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n.4, p. 571-577, 2019.

[8] FERREIRA, J. C.; PATINO, C. M. O que realmente significa o valor-p? **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 41, n. 5, p. 485, 2015.

[9] HEMMATI, F. *et al.* Development of fortified probiotic dairy desserts with added date extract, whey protein, inulin, folic acid, vitamin D and calcium. **Journal of Food Science and Technology**, v. 59, n. 10, p. 3754–3764, 25 fev. 2022.

[10] HOSSEINIPOUR, S. L. *et al.* Low-calorie functional dairy dessert enriched by prebiotic fibers and high antioxidant herbal extracts: A study of optimization and rheological properties. **Food Science & Nutrition**, v. 12, n. 10, p. 7829–7841, 13 ago. 2024.

[11] HOSSEN, M. S., ALI, M. Y., JAHURUL, M. H. A., ABDEL-DAIM, M. M., GAN, S. H., & KHALIL, M. I. Beneficial roles of honey polyphenols against some human degenerative diseases: a review. **Pharmacological Reports**, v. 69, n. 6, p. 1194-1205, 2017.

[12] KROTH, A. E. M.; VICENZI, R. Elaboração e avaliação da qualidade de sorvete adicionado de polpa de cereja-do-rio-grande (*Eugenia Involucrata, Dc.*) **Salão do Conhecimento**, Unijuí, 2016.

[13] LINO, D. L. *et al.* Positive effects of thermosonication in Jamun fruit dairy dessert processing. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 86, p. 106040–106040, 2022.

[14] MAAS, C. A. W. D. *et al*. Elaboração e análise sensorial de picolé de frutas zero lactose. **Brazilian Journal of Development,** v. 6, n. 5, p. 28036–28051, 2020.

[15] MARTINS, H. F.; LEITE, I. C.; RIBEIRO, S. O.; CHALEGRE, T. S.; MASCARENHAS, J. M. O. Sorvete a base de aipim com leite sem lactose. **Higiene Alimentar**. v. 33, 2019.

[16] NORA, F.M.D. **Análise sensorial clássica [livro eletrônico]: fundamentos e métodos**. Canoas, RS: Mérida Publishers, 2021.

[17] PASSOS, R. S.; GUEDES, S. F.; GERALDI, C. A. Q.; GUEDES, G. F.; LOSS, R. A. **Elaboração de sorvete vegano adicionado de açaí**. V Congresso Internacional das Ciências Agrárias, 2020.

[18] PEREIRA, M. T. *et al*. **Desenvolvimento e análise sensorial de sobremesa láctea, sem lactose e enriquecida com amêndoa de baru e probiótico**. ANAIS DO ENIC, n. 10, 2018.

[19] PRAKASH, A.; BASKARAN, R. Acerola, an untapped functional superfruit: a review on latest frontiers. **Journal of Food Science and Technology**, v. 55, n. 9, p. 3373–3384, 1 set. 2018.

[20] PRATA, B. M.; ROSÁRIO, D. K. A.; VIANNA, P. C. B.; NAVES, E. A. A. Viabilidade de Lactobacillus casei em sorvete sem lactose e avaliação das características físico-químicas e sensoriais. **Revista Brasileira de Ciência, Tecnologia e Inovação**, v. 3, n. 1, p. 69-78, 2018.

[21] PUA, V. C. Y.; TANG, R. M. V.; GOH, J.; SUN, B.; LASSABLIERE, S. Q. Ingredients, Processing, and Fermentation: Addressing the Organoleptic Boundaries of Plant-Based Dairy Analogues. **Foods**, v. 11, n. 6, p. 875, 18 mar. 2022.

[22] RODRIGUES-AMAYA, D.B.; KIMURA, M.;AMAYA-FARFAN, J.. **Fontes brasileiras de carotenóides: tabela brasileira de composição de carotenóides em alimentos**. MMA/SBF. Brasília. 2008.

[23] SAFRAID, G. F. *et al.* Perfil do consumidor de alimentos funcionais: identidade e hábitos de vida. **Brazilian Journal of Food Technology,** v. 25, 2022.

[24] SANTOS, A. B.; OZEKI, F. L.; OLIVEIRA, B. M. G.; KIMURA, M. Precisão de escalas de mensuração utilizadas em testes de aceitação. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 20, n. 4, p. 633-640, 2010.

[25] SILVA, P. B.; DUARTE, C. R.; BARROZO, M. A. S. A novel system for drying of agro-industrial acerola (Malpighia emarginata DC) waste for use as bioactive compound source. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 52, p. 350-357, 2019.

[26] SILVA, S. K. A.; LIBOREDO, J. C.; RAMOS, A. L. C. C.; AUGUSTI, R.; MELO, J. O. F.; MORAIS, H. A.; SILVA, M. R. Perfil de compostos voláteis e análise sensorial de sorvete de tamarindo sem lactose. **Ciências Agrárias: o avanço da ciência no Brasil** - v. 3, p. 278–290, 2022.

[27] SOUZA, N. T.; LIMA, G. L.; FOLADOR, G. O.; SORA, G. T. S.; PAULA, L. C.; POLESI, L. F. Elaboração e caracterização de sobremesa láctea adicionada de babaçu e cupuaçu. **Editora Científica Digital eBooks**, p. 519–533, 2021.

[28] TEIXEIRA, L. V. Análise sensorial na indústria de alimentos. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes**, 2009.

Capítulo 3

Pão integral formulado a partir da farinha da semente de abóbora, hibisco (Hibiscus sabdariffa L.) e grãos integrais

Amanda Oliveira dos Santos
Lorena de Araújo Oliveira
Agnes Lohayne Pereira Oliveira
Isabella Borges Diniz
Ester Rocha Dantas
Amanda Victorya Alencar Lima
Dayane Dayse de Melo Costa
Maria Fabrícia Beserra Gonçalves
Amanda de Castro Amorim Serpa Brandão
Regilda Saraiva dos Reis Moreira Araújo

Resumo: **Introdução**: A adição de farinhas mistas feitas de vegetais, frutas e sementes à farinha de trigo é uma prática crescente na indústria de panificação. Essa mistura visa enriquecer produtos como pães, bolos e biscoitos com valor nutricional adicional. A farinha de semente de abóbora, destaca-se como um ingrediente com grande potencial devido às suas características benéficas e relevantes para a saúde. Ela é rica em fibras, proteínas, ácidos graxos poli-insaturados e sais minerais. **Objetivo**: A presente pesquisa teve como objetivo Desenvolver um Pão Multigrãos inovador, enriquecido com farinha de avelã, infusão de Hibiscus sabdariffa e uma seleção de grãos nutritivos, como Salvia hispanica (chia), quinoa e semente de abóbora e analisar sensorialmente o produto. **Metodologia**: Foi realizada uma busca no site do INPI. O resultado mostrou que não foi encontrado nenhum produto com patente similar. As matérias-primas utilizadas incluíram farinha de trigo integral, farinha de avelã, hibisco para infusão, sementes de chia, quinoa e abóbora. A farinha de semente de abóbora foi obtida ao processar as sementes em um processador elétrico. Para a realização da análise sensorial, 107 avaliadores não treinados, com idades entre 18 e 50 anos e de ambos os sexos. Os participantes foram conduzidos a realizar os testes em cabines individuais no Laboratório de Desenvolvimento de Produtos e Análise Sensorial de Alimentos. **Resultados**: A predominância de notas altas (6 a 9) sugere uma boa aceitação do pão multigrãos entre os consumidores. A ausência de notas baixas (2 e 1) indica que o produto não foi amplamente rejeitado, o que é um indicador positivo para a aceitação do mercado. A análise dos dados revela que a maioria dos participantes demonstrou uma intenção positiva em relação à compra do pão multigrãos. Especificamente, pessoas (38+46) indicaram que certamente ou provavelmente comprariam o produto. A ausência de respostas indicando "certamente não compraria" reforça a aceitação geral do produto. **Conclusão:** O pão integral multigrãos elaborado, apresentou uma boa aceitação, com uma taxa de aprovação de 91%. Além disso, o mercado mostra-se promissor para o Pão Multigrãos, com 80% dos assessores indicando disposição para comprar o produto, o que sugere uma forte demanda e potencial de sucesso comercial.

Palavras chave: Análise sensorial, Pão integral, Semente de abóbora, Hibisco.

1. INTRODUÇÃO

O cenário epidemiológico brasileiro indica um aumento nos casos de doenças crônicas não transmissíveis (DCNTs), como obesidade, hipertensão arterial sistêmica, osteoporose, diabetes mellitus e câncer. Estima-se que as DCNT sejam responsáveis por 72% das mortes no país, afetando pessoas de todas as classes sociais, embora seja mais pronunciado em grupos com baixo nível de instrução, renda e entre os idosos. Como resultado, a população passou a dar prioridade à qualidade da alimentação, aderindo a padrões alimentares que promovem melhorias na saúde. Com isso, surgem estratégias de mercado voltadas para a melhoria desse problema atual, com a formulação de alimentos mais saudáveis, os quais são potencializados por ingredientes de melhor valor nutricional (Silva *et al.,* 2016).

Através da alimentação, busca-se não apenas atender às necessidades nutricionais básicas, mas também promover a saúde e diminuir o risco de doenças. No cenário do século XXI, os alimentos funcionais são considerados uma estratégia importante para conter o avanço das DCNTs. Um alimento é considerado funcional se, além de fornecer nutrientes essenciais, impactar positivamente uma ou mais funções fisiológicas do organismo, beneficiando a saúde, melhorando a qualidade de vida e ajudando a reduzir os riscos de enfermidades (Silva *et al.,* 2016).

A adição de farinhas mistas feitas de vegetais, frutas e sementes à farinha de trigo é uma prática crescente na indústria de panificação. Essa mistura visa enriquecer produtos como pães, bolos e biscoitos com valor nutricional adicional. A farinha de semente de abóbora, destaca-se como um ingrediente alimentar com grande potencial devido às suas características benéficas e relevantes para a saúde. Rica em fibras, proteínas, ácidos graxos poli-insaturados e sais minerais. Além disso, possui propriedades antioxidantes por conter vitamina E, especialmente os isômeros γ- tocoferol e α-tocoferol. Apesar de sua importância nutricional, essa farinha ainda é considerada um resíduo agroindustrial e, por isso, é frequentemente descartada em grandes quantidades pela indústria processadora de vegetais (Bitencourt *et al.,* 2014).

A farinha de avelã é obtida a partir das avelãs (Corylus avellana), que são as sementes comestíveis do arbusto de avelaneira. A farinha de avelã fornece macronutrientes (lípidos, proteínas e glúcidos), micronutrientes (diversas vitaminas e minerais) e ainda diversos compostos bioativos, tais como ácidos fenólicos, flavonoides, taninos, fitoestrogénios, ácidos orgânicos e fitosteróis (Amaral; Oliveira,2016).

A quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*), originária dos Andes e cultivada na região há milhares de anos, destaca-se por uma qualidade nutricional superior à de outros grãos. Suas proteínas possuem um valor biológico comparável ao das proteínas animais, o que significa que a quinoa oferece quantidades e distribuição de aminoácidos essenciais muito próximas às encontradas na caseína, uma das proteínas do leite. Além disso, a quinoa apresenta um teor total de proteína que varia entre 11,0% e 15,0%, superior ao do arroz (8,5%) e do milho (10,3%), e similar ao da cevada (11,9%) e do trigo (12,3%) (Silva *et al.,* 2014).

Outro ingrediente que traz benefícios à saúde é o hibisco - flores comestíveis não convencionais na alimentação alternativa-, o qual apresenta características nutricionais desejáveis em razão da quantidade e da variedade de nutrientes existentes, podendo auxiliar na manutenção da saúde. O hibisco vermelho é uma boa fonte dietética de antioxidantes naturais com grande teor de compostos fitoquímicos, os quais possuem uma correlação positiva entre o teor de compostos fitoquímicos e o percentual de inibição

dos radicais livres, contribuindo a atividade antioxidante. Assim, os hibiscos podem ser classificados como benéficos contra os danos oxidativos decorrentes do acúmulo de radicais livres em nosso organismo (Silva *et al.*, 2016).

Outro componente que oferece vantagens para a saúde é a chia, uma semente antiga usada pelos maias e astecas para aumentar a resistência física. Rica em ômega-3, fibras, proteínas e antioxidantes, ela oferece grande potencial na indústria de alimentos. Seus componentes funcionais permitem aplicações no enriquecimento de pães, bolos e barras de cereais, além da produção de hidrolisados proteicos e maionese com adição de mucilagem de chia (Coelho *et al.,* 2014).

A chia tem um alto valor nutricional, com grande quantidade de ácido α- linolênico (ômega-3) e linoleico (ômega-6), antioxidantes, fibras dietéticas e proteínas. As sementes de chia são destacadas como fontes de antioxidantes devido à presença de polifenóis. Elas também contêm minerais, vitaminas e antioxidantes naturais como tocoferóis (238-427 mg/kg) e polifenóis, incluindo ácido clorogênico, ácido cafeico, quercetina e kaempferol. Esses compostos fenólicos ajudam a proteger os consumidores contra doenças cardiovasculares e alguns tipos de câncer (Coelho *et al.,* 2014).

Dessa forma, o produto idealizado tem como objetivo formular um alimento amplamente consumido no dia a dia pela população brasileira, o pão integral. A proposta busca não apenas inovar na composição do pão, mas também enriquecer seu valor nutricional e sensorial, oferecendo aos consumidores uma opção mais saudável e saborosa. Além de atender às exigências nutricionais diárias, o pão integral é elaborado com ingredientes selecionados para melhorar a qualidade da alimentação e proporcionar uma experiência sensorial agradável. Essa abordagem inovadora combina saúde e sabor, buscando tornar o produto uma escolha atraente para aqueles que valorizam uma dieta equilibrada e saborosa.

A presente pesquisa teve como objetivo Desenvolver um Pão Multigrãos inovador, enriquecido com farinha de avelã, infusão de *Hibiscus sabdariffa* e uma seleção de grãos nutritivos, como *Salvia hispanica* (chia), quinoa e semente de abóbora e analisar sensorialmente o produto.

2. METODOLOGIA

2.1. BUSCA DE ANTERIORIDADES

Foi realizada uma busca no site do INPI (Instituto Nacional da Propriedade Industrial, Ministério da Economia) com o objetivo de verificar a anterioridade de patentes. O resultado mostrou que não foi encontrado nenhum produto com patente similar ou igual ao pão de farinha de avelã, hibisco e grãos de cereais, confirmando que este é um produto totalmente formulado e inovador.

Além da busca de anterioridade realizada no site do INPI, é importante ressaltar a relevância desse procedimento para garantir a originalidade e a inovação do produto desenvolvido. A verificação da existência de patentes similares ou iguais ao pão de farinha de semente de abóbora, hibisco e grãos de cereais no Instituto Nacional da Propriedade Industrial é fundamental para assegurar que a formulação proposta seja única e não infrinja direitos de propriedade intelectual de terceiros.

A ausência de produtos com patentes semelhantes ou idênticas ao pão integral formulado reforça a característica inovadora e exclusiva da combinação de ingredientes utilizada.

Essa análise de anterioridade não apenas valida a originalidade do produto, mas também resguarda os desenvolvedores de possíveis litígios legais relacionados à propriedade intelectual.

Portanto, a busca de anterioridade realizada no INPI é um passo essencial no processo de desenvolvimento e comercialização do pão integral formulado a partir da farinha de semente de abóbora, hibisco e grãos integrais, garantindo a proteção da inovação e a segurança jurídica necessária para a introdução do produto no mercado.

2.2. DELINEAMENTO, LOCAL E PERÍODO DE ESTUDO

As matérias-primas utilizadas incluíram farinha de trigo integral, farinha de avelã, hibisco para infusão, sementes de chia, quinoa e abóbora, todas foram adquiridas no comércio varejista de Teresina-PI.

2.3. OBTENÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS

A farinha de semente de abóbora foi obtida ao processar as sementes em um processador elétrico. As sementes, previamente secas, foram trituradas até alcançarem uma consistência fina e homogênea, resultando em uma farinha rica em nutrientes.

2.4. OBTENÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS

O processo de obtenção do pão integral formulado compreendeu a etapa de desenvolvimento a massa, incluindo a seleção e combinação adequada das matérias-primas conforme a Tabela 1, seguido de técnicas de fermentação e cocção para a produção dos pães.

Tabela 1. Formulações do Pão Multigrãos elaborado, Teresina -PI, 2024

Ingrediente	Frequência das formulações F (%)
Farinha de trigo	50 - 70
Farinha de trigo integral	50 - 70
Farinha de semente de abóbora	1 - 15
Cálice hibisco seco	5 - 35
Chia	0,5 - 10
Quinoa branca	0,5 - 10
Avelã	1 - 15
Manteiga	0,5 - 5
Fermento biológico seco	0,5 - 3
Açúcar mascavo	0,5 - 5
Sal	0,1 - 2

Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

2.5. DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

Foram realizados testes preliminares para determinar as proporções ideais de cada ingrediente na massa do pão, considerando aspectos sensoriais e nutricionais. Foram formuladas três diferentes combinações para posterior avaliação. O desenvolvimento da massa do pão integral envolveu 11 etapas importantes que começaram envolveu: Selecionar os ingredientes, preparar a infusão de Hibisco, Hidratar a chia, misturar os ingredientes secos, ativar o fermento, incorporar ingredientes secos e hidratados, sovar a massa, 1° Fermentação (Deixar a massa descansar por 1h), modelar e 2° Fermentação (Modelar e deixar descansar por mais 30-45 minutos), adição de coberturas, assar 15-20 minutos.

Primeiro, preparou-se a infusão de hibisco. Ferveu-se 150ml de água e adicionou-se 29,3 g de flores secas de hibisco, deixando em infusão por 5-10 minutos. Foi coado e reservado a infusão para usar na receita. Além disso hidratou-se a semente de chia por 30 min, utilizou-se 29,4 g de chia e 250 ml de água. Em seguida, misturou-se os ingredientes secos. Em uma tigela grande, se combinaram 928,5 g de farinha de trigo integral, 928,5 de farinha de trigo, 498g de farinha das sementes de abóbora, 25g de sal e 400g de açúcar mascavo. Enquanto isso, ativou-se o fermento. Em uma tigela pequena, foi misturado 50g de fermento biológico seco com uma colher de chá de açúcar mascavo na infusão de hibisco morna (não quente). Deixou-se descansar por 5-10 minutos até que a mistura começasse a espumar, indicando que o fermento estava ativo.

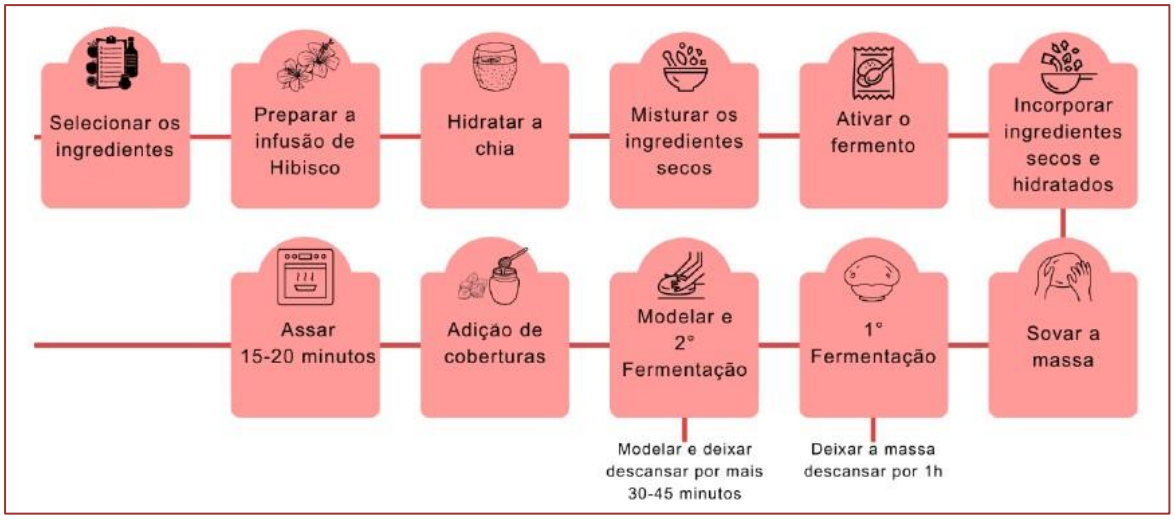
Então, foi incorporado os ingredientes líquidos. Fez-se um buraco no centro da mistura de ingredientes secos e adicionou a infusão de hibisco restante, a mistura de fermento ativado e 75g de manteiga derretida e a chia hidratada. Misturou-se bem até que os ingredientes estivessem combinados e a massa começasse a se formar. Transferiu-se a massa para uma superfície levemente enfarinhada e sovou por cerca de 10 minutos, até que se tornasse elástica e homogênea. A sova ajudou adesenvolver o glúten, crucial para a estrutura do pão.

Para a primeira fermentação, formou-se uma bola com a massa e colocou-a 13 em uma tigela levemente untada com manteiga. Se cobriu a tigela com um pano úmido ou filme plástico e deixou descansar em um local morno por cerca de uma hora, ou até que a massa dobrasse de tamanho. Durante esse tempo, o fermento produziu gases que fizeram a massa crescer.

Após a primeira fermentação, a massa foi sovada novamente para remover o excesso de ar. A massa foi modelada no formato desejado e em seguida colocou-a em uma forma de pão untada com manteiga ou em uma assadeira. Deixou-se a massa modelada descansar coberta com um pano úmido ou filme plástico por mais 30-45 minutos, ou até que dobrasse de tamanho novamente. Essa segunda fermentação permitiu que a massa atingisse seu volume final antes de assar.

O forno foi pré-aquecido a 180°C. Assou-se o pão por cerca de 30-35 minutos ou até que estivesse dourado e produzisse um som oco quando batido na parte inferior. Depois de assado, retirou-se o pão do forno e deixou esfriar sobre uma grade. Cortou-se em fatias e serviu. A seguir, a figura 1 ilustra as etapas essenciais para a preparação do pão integral multigrãos.

Figura 1: Formulação do pão multigrãos, Teresina -PI, 2024



Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

2.6. SENSORIAL

Para a realização da análise sensorial, 107 avaliadores não treinados, com idades entre 18 e 50 anos e de ambos os sexos, foram recrutados na Universidade Federal do Piauí, campus Teresina. Os participantes foram conduzidos a realizar os testes em cabines individuais no Laboratório de Desenvolvimento de Produtos e Análise Sensorial de Alimentos – LASA/UFPI. As amostras foram apresentadas de forma aleatória em copos descartáveis codificados com números de três dígitos conforme a tabela de números aleatórios, de maneira monádica.

Os testes sensoriais seguiram a metodologia descrita por Dutcosky (2008). A avaliação da aceitação do pão integral formulado foi realizada utilizando o teste de escala hedônica de 9 pontos, em que os extremos correspondem a "desgostei muitíssimo" (1) e "gostei muitíssimo" (9). Para avaliar a intenção de compra, foi aplicado um teste com escala de 5 pontos, variando de 1 - certamente não compraria a 5 - certamente compraria. A seguir o fluxograma da figura 2, ilustra as etapas para realização da análise sensorial do pão multigrãos.

Figura 2: Etapas para a análise Sensorial do Pão Multigrãos, Teresina -PI, 2024

Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

2.7. ESTIMATIVA DA COMPOSIÇÃO CENTESIMAL

A seguir a tabela 2 demonstra a informação nutricional estimada do pão multigrãos em uma porção de 48 g.

Tabela 2 –Informação nutricional estimada da formulação do pão multigrãos porção de 48 g

Macronutrientes/ Fibras(g)/ VET (kcal)	*Pão Multigrãos*
Carboidratos	8,8
Proteinas	1,6
Lipidios	0,8
Fibras alimentares	1,2
Valor Energético Total (VET)	48

Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

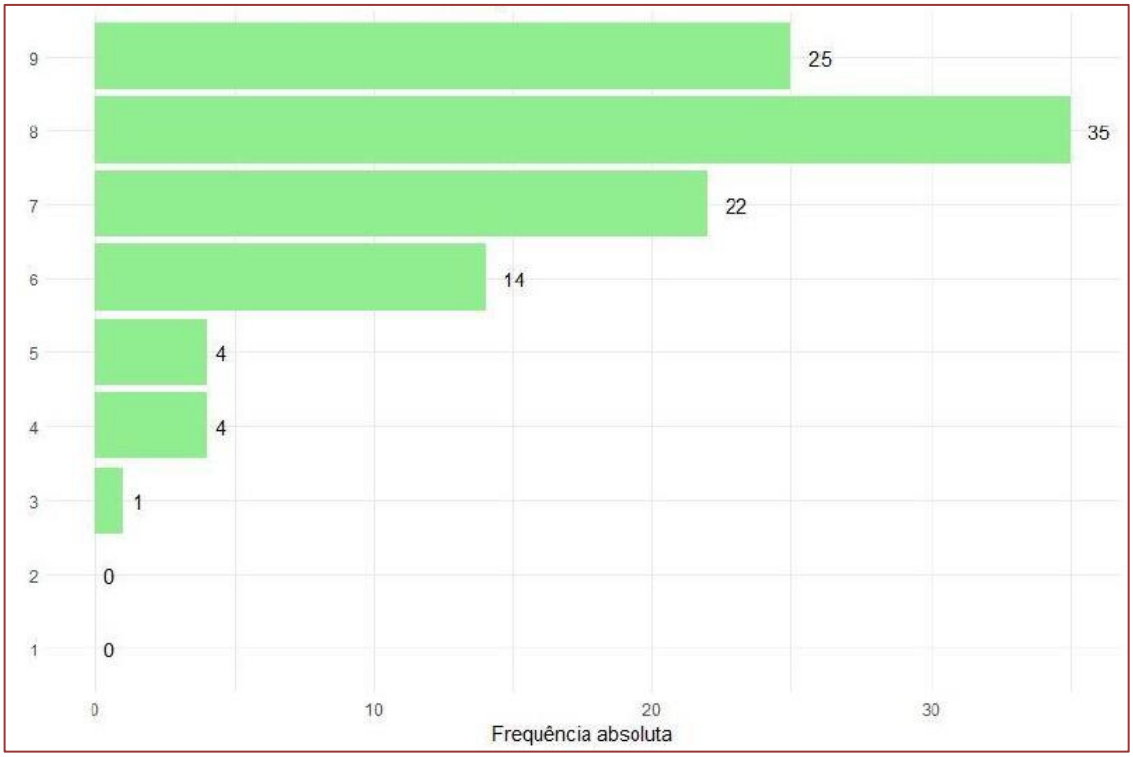
2.7. ASPECTOS ÉTICOS

O projeto temático do qual o presente estudo faz parte, foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal do Piauí, conforme as Diretrizes e Normas para Pesquisa com Seres Humanos do Conselho Nacional de Saúde – CSN, Resolução 466/12, sob o Parecer No 750.942. Os assessores sensoriais que fizeram parte da avaliação sensorial foram informados sobre os objetivos e metodologia da pesquisa e consultados por meio de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 3 ilustra a distribuição das notas atribuídas ao pão multigrãos em uma escala hedônica, onde as notas variaram de 1 a 9. Os resultados mostram que a maioria dos participantes atribuiu notas altas ao produto, indicando uma aceitação positiva geral.

Figura 3 – Escala Hedônica do Pão Multigrãos



Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

A predominância de notas altas (6 a 9) sugere uma boa aceitação do pão multigrãos entre os consumidores. A ausência de notas baixas (2 e 1) indica que o produto não foi amplamente rejeitado, o que é um indicador positivo para a aceitação do mercado.

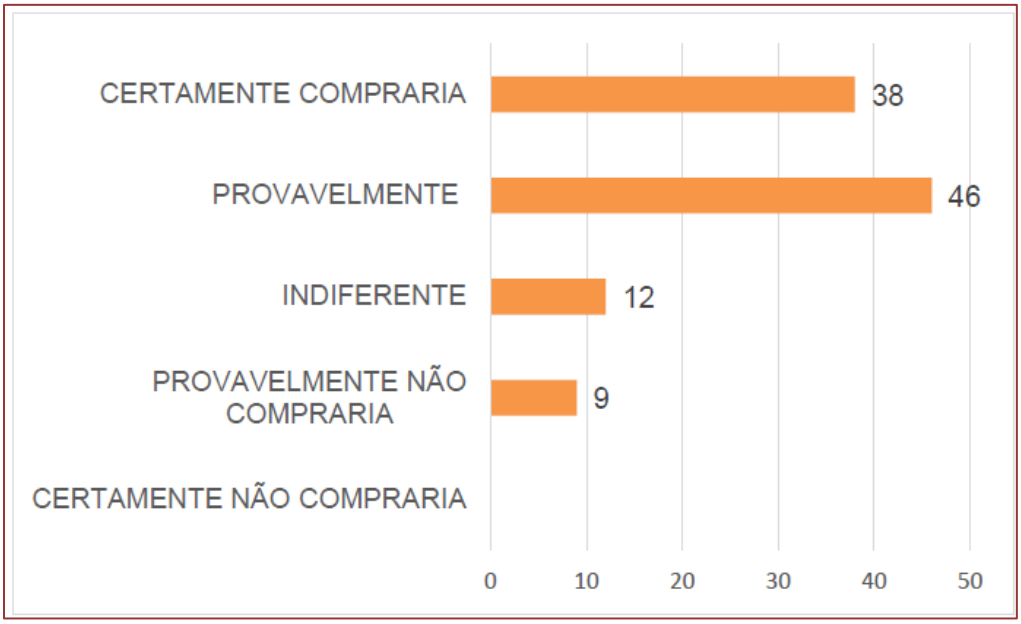
Comparando com estudos da literatura, a aceitação do pão multigrãos está alinhada com as tendências observadas em pesquisas sobre produtos alimentícios saudáveis. Segundo Silva *et al*. (2020), produtos enriquecidos com ingredientes funcionais, como os grãos integrais e sementes, frequentemente recebem avaliações positivas devido aos seus benefícios para a saúde e valor nutricional aprimorado. Isso é consistente com os resultados deste estudo, que mostram uma aceitação generalizada e favorável.

Além disso, o estudo de Oliveira e Ferreira (2019) sobre a aceitação de pães com ingredientes alternativos também aponta que produtos que combinam sabor e valor nutricional tendem a ter uma boa recepção entre consumidores conscientes da saúde. A predominância de notas altas para o pão multigrãos pode ser atribuída à percepção positiva desses atributos.

Portanto, os resultados deste estudo confirmam que o pão multigrãos, com sua formulação nutritiva, atende às expectativas dos consumidores e se posiciona favoravelmente no mercado, conforme evidenciado por outros estudos na área. A figura 4, a seguir, ilustra

os resultados obtidos no teste de intenção de compra.

Figura 4 – Intenção de Compra do Pão Multigrãos



Fonte: Dados da pesquisa, 2024

A análise dos dados revela que a maioria dos participantes demonstrou uma intenção positiva em relação à compra do pão multigrãos. Especificamente, pessoas (38 + 46) indicaram que certamente ou provavelmente comprariam o produto. A ausência de respostas indicando "certamente não compraria" reforça a aceitação geral do produto.

Os resultados são consistentes com estudos sobre a aceitação de produtos alimentícios saudáveis. Segundo o estudo de Rodrigues e Santos (2021), produtos que combinam benefícios nutricionais com palatabilidade frequentemente obtêm alta intenção de compra entre consumidores preocupados com a saúde. A alta proporção de respostas indicando a intenção de compra sugere que os consumidores percebem o pão multigrãos como uma opção atraente e alinhada com suas preferências alimentares.

Além disso, conforme Almeida e Silva (2018), a aceitação de produtos inovadores no mercado alimentício tende a ser positiva quando esses produtos oferecem melhorias claras em relação aos tradicionais, como maior valor nutricional e sabor. A tendência de alta intenção de compra observada neste estudo pode ser atribuída à percepção dos benefícios funcionais e ao apelo do pão multigrãos como uma alternativa saudável aos pães convencionais.

Esses achados corroboram a literatura existente, indicando que o pão multigrãos tem um forte potencial de mercado e pode ser bem recebido pelos consumidores, especialmente aqueles que buscam opções alimentares mais saudáveis e nutritivas. Para uma análise mais detalhada, foi selecionado um pão integral tradicional disponível no mercado, para observar as informações nutricionais comparando-as a do pão multigrãos desenvolvido. As tabelas 3 e 4 a seguir apresentam os valores nutricionais dessas duas variedades.

Tabela 3: Informação nutricional do pão multigrãos desenvolvido, Teresina-PI, 2024

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL Porções por embalagem: 4 porções Porção: 50g (1 unidade)			
	100g	**50g**	**%VD***
Valor energético (Kcal)	284	142	7
Carboidratos totais (g)	38	19	6
Açúcares totais (g)	2,6	1,3	3
Proteínas (g)	10,4	5,2	10
Gorduras totais (g)	10,2	5,1	8
Fibras alimentares (g)	6,4	3,2	13
Sódio (mg)	17	8,5	0,4
*Percentual de valores diários fornecidos pela porção			

Fonte: Dados da pesquisa, 2024

Tabela 4: Informação nutricional do pão integral tradicional disponível no mercado

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL ***Porções por embalagem: 8 porções*** *Porção: 50g (2 fatias)*			
	100g	**50g**	**%VD***
Valor energético (Kcal) Carboidratos totais (g) Açúcares totais (g) Proteínas (g) Gorduras totais (g) Fibras alimentares (g) Sódio (mg)	257	131	7
	43	22	7
	7,9	4	4
	11	5,5	11
	4,5	2,3	4
	7,1	3,6	14
	309	155	8

*Percentual de valores diários fornecidos pela porção

Fonte: Dados da pesquisa, 2024

Ao analisar as tabelas nutricionais dos dois tipos de pães, observa-se que o pão multigrãos, desenvolvido no contexto desta pesquisa, apresenta algumas diferenças notáveis em relação ao pão integral tradicional disponível no mercado. O pão multigrãos apresenta um valor energético ligeiramente superior (284 kcal por 100g) comparado ao pão integral (257 kcal por 100g). Isso pode ser atribuído à presença de ingredientes adicionais como sementes e grãos variados, que tendem a aumentar a densidade calórica devido ao maior teor de gorduras saudáveis e proteínas. Estudos mostram que a inclusão de sementes e grãos integrais em alimentos pode aumentar o valor energético ao mesmo tempo em que fornece nutrientes importantes (Bach Knudsen *et al.*, 2017).

O pão integral contém uma quantidade maior de carboidratos totais (43g por 100g) em comparação com o pão multigrãos (38g por 100g). Além disso o pão multigrãos contém menos açúcares totais (2,6g por 100g) em comparação ao pão integral (7,9g

por 100g), o que pode ser benéfico para a saúde metabólica. A redução da ingestão de açúcares adicionados está associada à melhor regulação glicêmica e ao risco menor de resistência à insulina e diabetes tipo 2 (Malik *et al.*, 2010).

Ambos os pães possuem um teor proteico semelhante, com o pão multigrãos apresentando 10,4g de proteínas por 100g e o pão integral 11g por 100g, a inclusão de sementes e grãos integrais em alimentos fornece nutrientes muito importantes como proteínas vegetais de alta qualidade (Bach Knudsen *et al.*, 2017).

O pão multigrãos tem um teor de gorduras totais superior (10,2g por 100g) em relação ao pão integral (4,5g por 100g). Segundo Bach (2017) a adição de sementes e grãos fornecem ao alimento ácidos graxos insaturados, o que pode contribuir para o maior valor de gorduras totais. Ambos os pães têm um teor elevado de fibras alimentares, com o pão multigrãos contendo 6,4g por 100g e o pão integral 7,1g por 100g. Uma diferença significativa entre os dois pães está no conteúdo de sódio. O pão integral contém uma quantidade substancialmente maior de sódio (309 mg por 100g) em comparação ao pão multigrãos (17 mg por 100g). O consumo xcessivo de sal é um problema de saúde pública mundial, com uma quantidade crescente de pesquisas de alta qualidade mostrando a relação entre sal e pressão arterial elevada, alimentos processados ou embalados contribuem com cerca de 75% do sódio dietético (Santos *et al.,* 2019).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O pão integral multigrãos elaborado, apresentou uma boa aceitação, com uma taxa de aprovação de 91%. Além disso, o mercado mostra-se promissor para o Pão Multigrãos, com 80% dos assessores indicando disposição para comprar o produto, o que sugere uma forte demanda e potencial de sucesso comercial. Outro ponto de destaque é o baixo teor de sódio, que diferencia o Pão Multigrãos de outros pães similares disponíveis no mercado, alinhando-se às tendências de consumo por produtos mais saudáveis. Este resultado positivo reflete o cuidadoso trabalho realizado na seleção de ingredientes nutritivos, que não apenas enriqueceu o teor nutricional do produto, mas também contribuiu para a promoção da saúde dos consumidores.

REFERÊNCIAS

[1] AMARAL, J. S.; OLIVEIRA, M. B. P. P. Bioactive compounds of hazelnuts as health promoters. In: SILVA, L. R.; SILVA, B. (Eds). **Natural bioactive compounds from fruits and vegetables as health promoters: Part 2**. Sharjah: Bentham Science Publishers, Lda., 2016. p. 155-179.

[2] AZIS. A.; AKRAM, N. A.; ASHRAF, M. **Plant Physiology and Biochemistry**, Fundação para a Ciência e a Tecnologia (FCT, Portugal) 123192-203, 2018.

[3] BACH KNUDSEN, K. E. et al. Dietary fibers and associated phytochemicals in cereals. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 61, n. 7, p. 1600518, 2017.

[4] BITENCOURT, C.; GOULARTE DUTRA, et al. Elaboração de bolos enriquecidos com semente de abóbora: avaliação química, física e sensorial. **Boletim do Centro de Pesquisa e Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 32, n. 1, p. 19-32, jan./jun. 2014.

[5] BORGES, M. S. et al. Utilização do mel como terapia complementar: uma revisão sobre as propriedades biológicas associadas ao mel. **Curitiba**, v. 5, n. 2, p. 1027- 1045, mar./abr. 2021.

[6] COELHO, M. S.; SALAS-MELLADO, M. L. M. Revisão: Composição química, propriedades funcionais e aplicações tecnológicas da semente de chia (Salvia hispanica L) em alimentos. **Revista Brasileira de Tecnologia de Alimentos**, v. 17, p. 259-268, 2014.

[7] DA-COSTA-ROCHA, I. et al. Hibiscus sabdariffa L. - A review of its traditional uses, phytochemistry, pharmacology, and toxicology. **Food Chemistry**, v. 165, p. 24-35, 2014.

[8] EYAREFE, D. O. et al. Enhanced electroscalpel incisional wound healing potential of honey in wistar rats. **International Journal of Veterinary Science and medicine**, v. 5, n. 2, p. 128-134, 2017.

[9] GAWLIK-DZIKI, U. et al. Atividades antioxidantes e anticancerígenas de extratos de folhas de Chenopodium quinoa - estudo in vitro. **Química Alimentar e Toxicologia**, v. 57, p. 154-160, 2013.

[10] GONZALEZ, C. et al. Modification of appetite by bread consumption: A systematic review of randomized controlled trials. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 57, n. 14, p. 3035–3050, 19 out. 2015.

[11] KNEZ, M. et al. Chia Seeds (Salvia Hispanica L.): An Overview—Phytochemical Profile, Isolation Methods, and Application. **Molecules**, v. 25, n. 1, 18 dez. 2019.

[12] MADALENO, I. M. Plantas medicinais consumidas em Cochim, no século XVI e na atualidade. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Humanas**, v. 10, n. 1, p. 109-142, 2015.

[13] MINISTÉRIO DA SAÚDE. Portaria nº 354, de 18 de julho de 1996. **Norma Técnica referente à Farinha de Trigo**. Brasília, 1996.

[14] NOWAK, V.; DU, J.; CHARRONDIÈRE, U. R. Avaliação da composição nutricional da quinoa (Chenopodium quinoa Willd.). **Food Chemistry**, 2015.

[15] OJULARI, O. V.; LEE, S. G.; NAM, J.-O. Beneficial Effects of Natural Bioactive Compounds from Hibiscus sabdariffa L. on Obesity. **Molecules**, v. 24, n. 1, p. 210, 8 jan. 2019.

[16] OLIVEIRA, M. A.; FERREIRA, C. B. Estudo sobre a aceitação de pães com adição de grãos e sementes. **Journal of Food Science and Technology**, v. 22, n. 1, p. 45- 58, 2019.

[17] PANNICO, A. et al. Fruit position within the canopy affects kernel lipid composition of hazelnuts. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, p. 4790-4799, 2017.

[18] PELVAN, E. et al. Phenolic profiles and antioxidant activity of Turkish Tombul hazelnut samples (natural, roasted, and roasted hazelnut skin). **Food Chemistry**, v. 244, p. 102-108, 2018.

[19] PHILLIPPI, S. T. **Nutrição e técnica dietética**. São Paulo: Editora Manole, 2019. RODRIGUES, A. L.; SANTOS, M. F. Intenção de compra de produtos alimentícios saudáveis: um estudo de caso. **Revista de Nutrição e Saúde**, v. 17, n. 3, p. 45-59, 2021.

[20] SAMEC, D. et al. The potential of pumpkin seed oil as a functional food—A comprehensive review of chemical composition, health benefits, and safety. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 21, n. 5, p. 4422– 4446, 29 jul. 2022.

[21] SANTOS, D. B.; MACHADO, M. S.; ARÁUJO, A. F.; CARDOSO, R. L.; TAVARES, J. T. de Q. Desenvolvimento de pão francês com a adição de farinha de caroço de jaca (Artocarpos integrifólia L.). **Enciclopédia Biosfera**, v. 8, n. 15, p. 597 – 602, 2012.

[22] SANTOS, J. A. et al. The Science of Salt: A global review on changes in sodium levels in foods. **Journal of Clinical Hypertension (Greenwich, Conn.)**, v. 21, n. 8, p. 1043–1056, 2019.

[23] SILVA, A. L. B.; WIEST, J. M.; CARVALHO, et al. Compostos químicos e atividade antioxidante analisados em Hibiscus rosa-sinensis L. (mimo-de-vênus) e Hibiscus syriacus L. (hibisco-da-síria). **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 19, 2016.

[24] SILVA, B. M. DE et al. Composição nutricional de pães com farinha de trigo integral e refinada, comercializados em hipermercados de Salvador-BA. **Higiene Alimentar**, p. 55–60, 2017.

[25] SILVA, J. F.; OLIVEIRA, A. S.; FERREIRA, R. A. Aceitação de pães com ingredientes funcionais: uma revisão. **Revista Brasileira de Nutrição**, v. 15, n. 2, p. 123-134, 2020.

[26] SILVA, J. P.; OLIVO, J. E.; MORAES, F. F.; GOMES, R. G. Obtenção de bebida fermentada à base de quinoa (Chenopodium quinoa Willd). Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2014. (Departamento de Engenharia Química; Departamento de Engenharia de Alimentos).

[27] SILVA, M. B. L.; DEMATEI, L. R.; BERALDO, J. C. Estudo da adição de farinha de arroz e farinha de aveia na aceitabilidade de pão tipo forma. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 10, p. 1 – 7, 2010

Capítulo 4

Iogurte natural adicionado de mesocarpo de bacuri (Platonia insignis Mart.) com calda da polpa de bacuri

Alexia Laviny dos Santos Silva
Francisca Kauane Alves Alexandre
Jecyara Kleyce de Sousa Vaz
João Victor Macedo da Costa
Karolainy Batista Araújo
Mariana Cabral Teixeira
Dayane Dayse de Melo Costa
Maria Fabrícia Beserra Gonçalves
Amanda de Castro Amorim Serpa Brandão
Regilda Saraiva dos Reis Moreira-Araújo

Resumo: **Introdução**: O iogurte, alimento rico em nutrientes e probióticos, é altamente consumido no Brasil, sendo produzido por meio da fermentação de bactérias específicas. O bacuri (*Platonia insignis*) é um fruto amazônico, que possui uma polpa altamente usada na indústria alimentícia, enquanto que o mesocarpo, a casca, geralmente descartado, possui compostos bioativos, que apresenta propriedades antioxidantes e reguladoras de glicemia. O aproveitamento desse produto pode enriquecer sensorialmente o produto como potencializar a sustentabilidade. **Objetivo**: Desenvolver um iogurte natural adicionado do mesocarpo do Bacuri (*Platonia insignis Mart.*) com calda da polpa do Bacuri. **Metodologia:** O estudo foi realizado no Laboratório de Desenvolvimento de Produto e Análise Sensorial de Alimentos da Universidade Federal do Piauí, no período de novembro de 2024 à janeiro de 2025, foi avaliada a aceitação, grau de doçura e intenção de compra do produto, os testes foram aplicados a fim de verificar a aceitação e o *feedback* sobre características do sabor, cheiro, textura, aparência sobre o produto desenvolvido. Buscando atender no mínimo 100 assessores, foram produzidas 120 amostras de iogurte, com 20 gramas, sendo 12 gramas de iogurte e 8 gramas de calda de bacuri (em média). **Resultados:** Os resultados da análise sensorial realizada com 115 assessores não treinados indicaram uma predominância feminina (60%) e uma concentração na faixa etária entre 19 e 21 anos. O teste de Escala Hedônica revelou alta aceitação do iogurte de bacuri, com 94,8% dos participantes demonstrando satisfação, e 32,2% atribuindo a pontuação máxima. No teste de doçura, 54,8% consideraram o produto moderadamente doce, refletindo um bom equilíbrio de sabor. Quanto à intenção de compra, 85% indicaram que provavelmente ou certamente comprariam o produto, demonstrando seu potencial comercial. Discussão: O perfil dos participantes está de acordo com a literatura, que aponta maior participação de mulheres e universitários em testes sensoriais. A alta aceitação do iogurte de bacuri relaciona-se ao equilíbrio de sabor e textura cremosa, favorecida pela adição do mesocarpo da fruta. A preferência pela doçura moderada e a elevada intenção de compra reforçam o potencial do produto, especialmente entre consumidores que valorizam ingredientes regionais e funcionais. **Conclusão**: O produto mostrou-se promissor para a indústria, devido sua inovação, sustentabilidade e valorização dos recursos regionais. O produto reforça seu potencial em virtude dos resultados de alta aceitação sensorial e a viabilidade do produto.

Palavras-chave: Bacuri, *Platonia insignis,* iogurte, mesocarpo.

1. INTRODUÇÃO

O iogurte é um produto que possui uma grande aceitação e atualmente vem sendo consumido de maneira mais ávida devido aos seus benefícios à saúde, pois vai auxiliar na absorção, digestão, e na microbiota intestinal. Sua composição é rica em cálcio, vitaminas, ferro, proteínas, fósforo e outros minerais. Seu valor nutricional, por conta de tais fatores é aumentado, tornando o alimento rico e diverso, podendo ter essa qualidade nutricional aumentada se houver adição de novos produtos, que também possui propriedades funcionais (Santos *et al*, 2020; Azambuja *et al*., 2019).

No Brasil, a porcentagem da população que consome iogurte é de cerca de 74%, totalizando um valor de 76% da produção láctea (Silva *et al*, 2022). O iogurte pode ser elaborado com a adição de diversos ingredientes adicionais, que vão ter a função de conferir sabor ao produto. Nas décadas de 1920 e 1930, o leite de iogurte era tido como um alimento ruim, por conta da acidez presente na percepção sensorial. No entanto, atualmente existe uma variedade de variações do iogurte, podendo-se apresentar por iogurte natural, iogurte com sabor de frutas, com cobertura de granola, batido, congelado e iogurte grego (Aryana; Olson, 2017).

A elaboração do iogurte se dar por um processo de fermentação do leite, onde vai haver uma cultura mista de Streptococcus thermophilus e Lactobacillus bulgaricus, devendo conter duas cepas bacterianas vivas (Sfakianakis; Tzia, 2014). A fermentação desse tipo de bebida, com isso, é realizada por microrganismos probióticos que ao serem consumidos vão fazer parte da microflora intestinal de seu hospedeiro, trazendo benefícios de forma simbiótica (Souza *et al*., 2022). Nesse viés, os probióticos são definidos como microrganismos vivos, que ao serem ingeridos de forma adequada trazem benefícios à saúde gastrointestinal (Savaiano; Hutkins, 2021).

A *Platonia insignis* Mart. É uma árvore frutífera conhecida como “Bacuizeiro”, encontrada na Amazônia Oriental brasileira, sendo amplamente utilizada a polpa nas indústrias alimentícias para produção de sucos, sorvetes, cremes, entre outros produtos, devido aos seus atributos sensoriais e notáveis propriedades biológicas. A casca do fruto corresponde a cerca de 64% a 70% do peso total fruto e as sementes representando de 13% a 26%, a polpa apresenta-se em menor proporção, 10% a 18% apenas (Lindoso *et al*, 2022).

Diante disso, a cadeia produtiva do bacuri gera uma alta quantidade de resíduos, como cascas e sementes, sendo descartadas sem aproveitamento. Esse desperdício significativo de biomassa poderia ser utilizado para melhorar a bioeconomia local e desenvolver novos bioprodutos, considerando seu notável valor nutricional (Yamaguchi *et al*, 2021).

A *Platonia insignis* Mart. apresenta propriedade cicatrizante, antitumoral, antioxidante, anti-inflamatória e no tratamento de doenças de pele. A polpa, comumente utilizada, contém uma quantidade considerável de vitaminas C e E, flavonóides, antocianinas e polifenóis que colaboram para sua ação antioxidante. Há também a presença de aminoácidos (ácido glutâmico, ácido aspártico e arginina) e minerais como cálcio, potássio, magnésio, ferro, zinco e cobre (Ribeiro *et al*, 2021). A casca do bacuri também é rica em nutrientes e ácidos graxos livres (ácido palmítico, oléico, linoléico, alfa-linolênico e esteárico) que auxiliam na manutenção do equilíbrio homeostático (Teodoro *et al*, 2024).

Além dos benefícios abordados, estudos como o de Ribeiro *et al* (2021) e Teodoro *et al* (2024) relatam ação dos compostos presentes na *Platonia insignis* Mart. na redução do estresse oxidativo e inibição da enzima α-glicosidase, demonstrando potencial na regulação da glicemia. Além disso, há atividade contra a peroxidação de lipoproteínas de baixa densidade (LDL), auxiliando na sua manutenção. Diante disso, o objetivo do presente estudo foi desenvolver um iogurte natural adicionado do mesocarpo do Bacuri (*Platonia insignis* Mart.) com calda da polpa do Bacuri.

2. METODOLOGIA

2.1. DELINEAMENTO, LOCAL E PERÍODO DE ESTUDO

O estudo foi realizado no Laboratório de Desenvolvimento de Produto e Análise Sensorial de Alimentos da Universidade Federal do Piauí, no período de novembro de 2024 à janeiro de 2025, por meio de testes de aceitação sensorial usado para verificar a aceitação e o feedback sobre características do sabor, cheiro, textura, aparência sobre o produto desenvolvido.

2.2. BUSCA DE ANTERIORIDADE

Realizou-se uma pesquisa no site do Instituto Nacional de Propriedade Industrial - INPI, para confirmação de que o produto a ser desenvolvido fosse inédito. Os descritores utilizados foram: Bacuri; iogurte; Iogurte de Bacuri; Creme de Bacuri; Iogurte de *Platonia insignis* Mart.

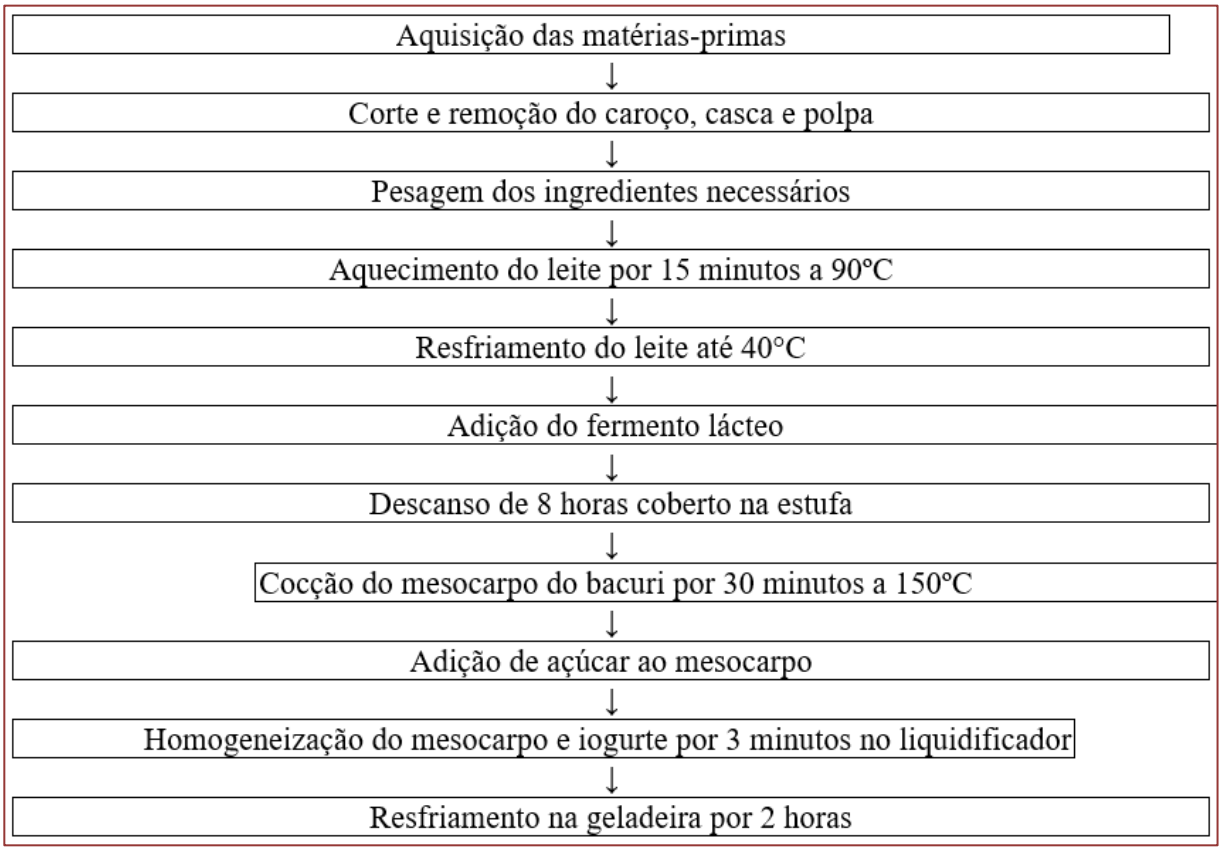
2.3. OBTENÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS

O bacuri foi adquirido em feiras livres, como o mercado central de Teresina. Os demais ingredientes utilizados foram obtidos em comércios varejistas.

2.4. DESENVOLVIMENTO E OBTENÇÃO DO PRODUTO

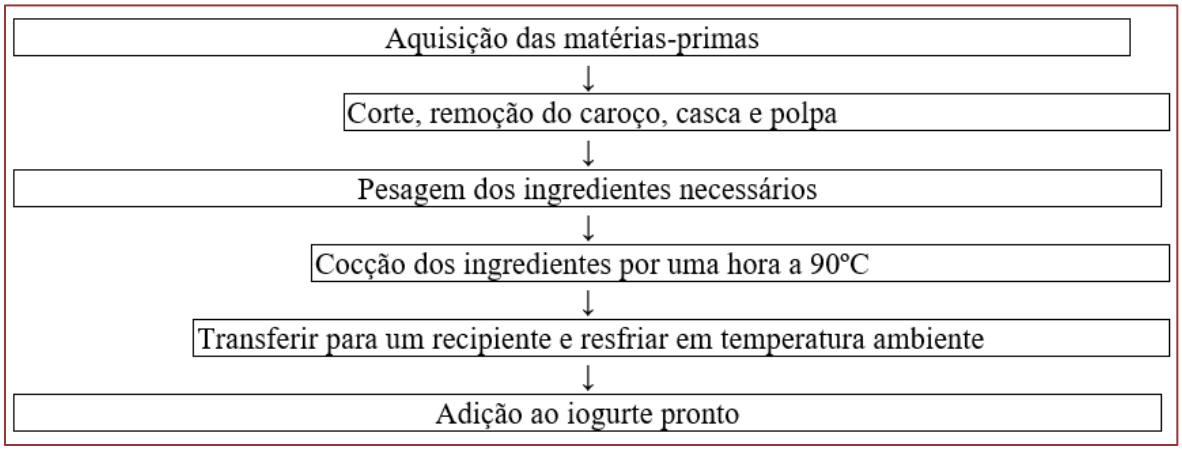
Abaixo, nas Figuras 4 e 5, estão descritos os passos do desenvolvimento do iogurte e da calda de bacuri, respectivamente. Nos quadros 1 e 2 é possível observar as faixas da formulação do iogurte e da calda de bacuri.

Figura 4: Fluxograma do desenvolvimento do iogurte



Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

Figura 5: Produção da calda de bacuri



Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

Quadro 1: Formulação do iogurte

MATÉRIA – PRIMA	FORMULAÇÃO (%)
Leite	15 – 70
Fermento lácteo	0,01 – 5
Mesocarpo do Bacuri	10 – 50
Açúcar	1 - 20

Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

Quadro 2: Formulação da calda de bacuri

MATÉRIA – PRIMA	FORMULAÇÃO %
Água	15 – 80
Polpa de bacuri	5 – 25
Açúcar	10 - 35

Fonte: Dados da pesquisa, 2024.

2.5. AVALIAÇÃO SENSORIAL

A avaliação sensorial foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial (LASA), no período de 8 às 11 horas da manhã. Buscando atender no mínimo 100 assessores, foram produzidas 120 amostras de iogurte, com 20 gramas, sendo 12 gramas de iogurte e 8 gramas de calda de bacuri (em média).

O teste de escala hedônica buscou avaliar a aceitação com base na satisfação dos consumidores. Os participantes utilizaram-se de uma escala de 1 a 9, onde o 1 “desgostei muitíssimo” e 9 “gostei muitíssimo”. As respostas são baseadas na percepção individual do indivíduo, o que pode introduzir uma variabilidade nos resultados.

O teste de intenção de compra é utilizado para avaliar a probabilidade de um consumidor adquirir um produto após experimentá-lo ou obter informações sobre ele. É um teste realizado em uma escala de 1 a 5 pontos, onde o 1 “certamente não compraria” e 5 “certamente compraria”. Os resultados foram avaliados, de forma a indicar a proporção de consumidores em cada categoria, auxiliando a prever o sucesso do produto no mercado.

O teste de grau de doçura é uma medida utilizada para avaliar a intensidade percebida de doçura em alimentos e/ou em bebidas. Ele auxilia na comparação de diferentes produtos, quanto a percepção sensorial. O teste realizado no estudo em questão analisou três níveis de grau de doçura: "pouco doce" em uma escala de 0 a 4, "Moderadamente doce" em uma escola de 5 a 7 e “Muito doce” em uma escala de 8 a 12.

2.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos foram analisados através do teste de Kruskal-Wallis, um método estatístico não paramétrico utilizado para comparar mais de dois grupos independentes. Ele verifica se as distribuições dos grupos diferem significativamente por meio da classificação dos dados em rankings e do cálculo do estatístico H, que é comparado à distribuição quiquadrado com k−1 graus de liberdade. A hipótese nula (H0) assume que as distribuições são iguais, e sua rejeição indica diferenças entre os grupos. Os resultados foram expressos em valores de *p*, sendo considerado significativo quando $p < 0,05$.

2.7. ASPECTOS ÉTICOS

O trabalho faz parte de um projeto temático aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal do Piauí, conforme as Diretrizes e Normas para Pesquisa com Seres Humanos do Conselho Nacional de Saúde – CSN, Resolução 466/12, sob o Parecer No 750.942. Os assessores sensoriais que fizeram parte da avaliação sensorial foram informados sobre os objetivos e metodologia da pesquisa e consultados por meio de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

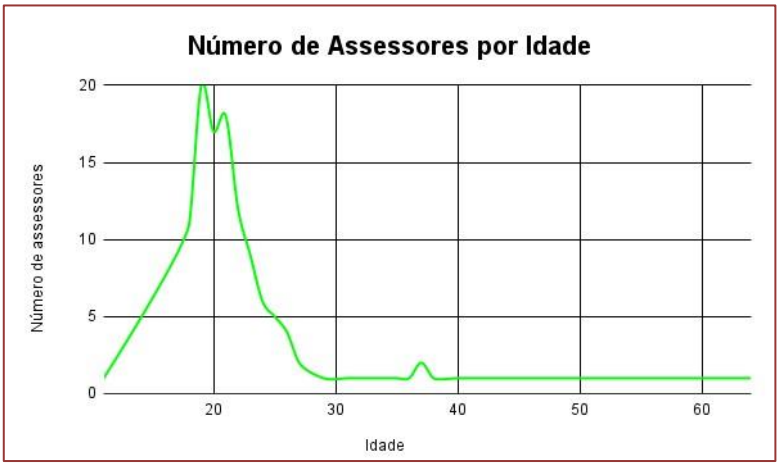
3.1. ASSESSORES E IDADE

Após a realização dos testes de análise sensorial, observou-se que houve a participação de 115 assessores não treinados, variando em gênero e idade, estando entre 11 e 64 anos (Figura 6 e 7).

Figura 6: Distribuição de gênero dos assessores participantes

Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

Figura 7: Distribuição de idade dos assessores participantes



Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

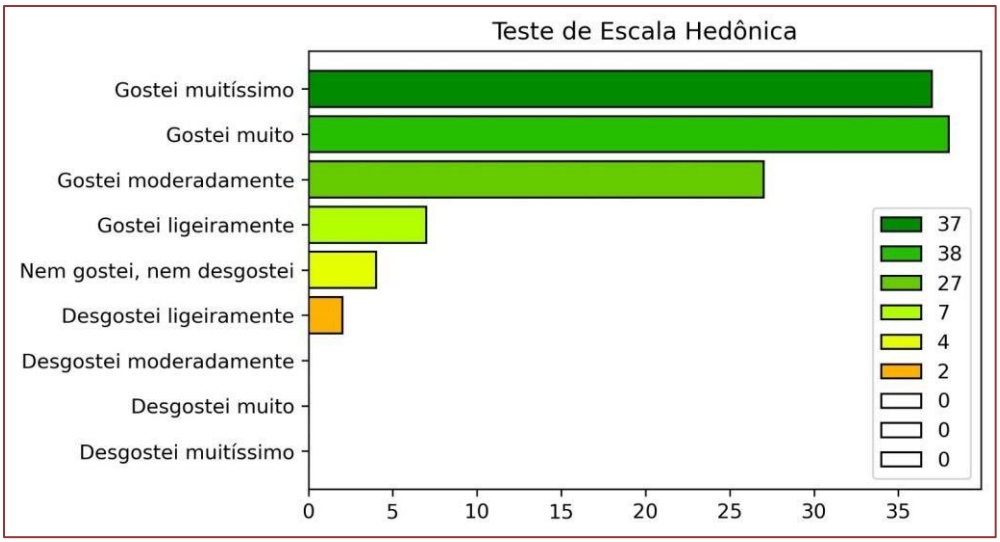
A análise da composição demográfica dos 115 assessores sensoriais não treinados revelou uma predominância de mulheres (60%) em relação aos homens (40%), com maior concentração de participantes nas idades de 19, 20 e 21 anos. Esses resultados são consistentes com a literatura que descreve a maior participação feminina em estudos sensoriais, como observado por Stone e Sidel (2004), que destacam o interesse geralmente maior das mulheres em atividades relacionadas à análise de alimentos.

A predominância de jovens adultos na amostra reflete a tendência de se recrutar participantes universitários, dada a acessibilidade e a familiaridade com práticas laboratoriais, conforme descrito por Pimentel e Souza (2011). A faixa etária mais jovem, em particular, pode influenciar a percepção sensorial, considerando que fatores como preferências gustativas e sensibilidade a sabores podem variar com a idade (Ribeiro *et al*, 2021).

3.2. TESTE DE ESCALA HEDÔNICA

Avaliando os resultados obtidos com o teste de escala hedônica, é possível verificar que 94,8% dos consumidores demonstraram satisfação com o produto, distribuídos nas categorias “Gostei Ligeiramente”, “Gostei Moderadamente”, “Gostei Muito” e “Gostei Multíssimo” (Figura 8 e Quadro 3). Destaca-se que 32,2% atribuíram a máxima pontuação. Esse resultado é comparável ao observado por Santos *et al.* (2020), que relataram alta aceitação sensorial (37%) em iogurtes enriquecidos com frutas tropicais devido ao seu perfil de sabor diferenciado e valor nutricional.

Figura 8: Teste de escala hedônica



Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

Quadro 3: Resultados do Teste de Escala Hedônica em porcentagem

Categoria	Número de respostas	Porcentagem (%)
Desgostei muitíssimo	0	0,0
Desgostei muito	0	0,0
Desgostei moderadamente	0	0,0
Desgostei ligeiramente	2	1,7
Nem gostei, nem desgostei	4	3,5
Gostei ligeiramente	7	6,1
Gostei moderadamente	27	23,5
Gostei muito	38	33,0
Gostei muitíssimo	37	32,2
Total	**115**	**100**

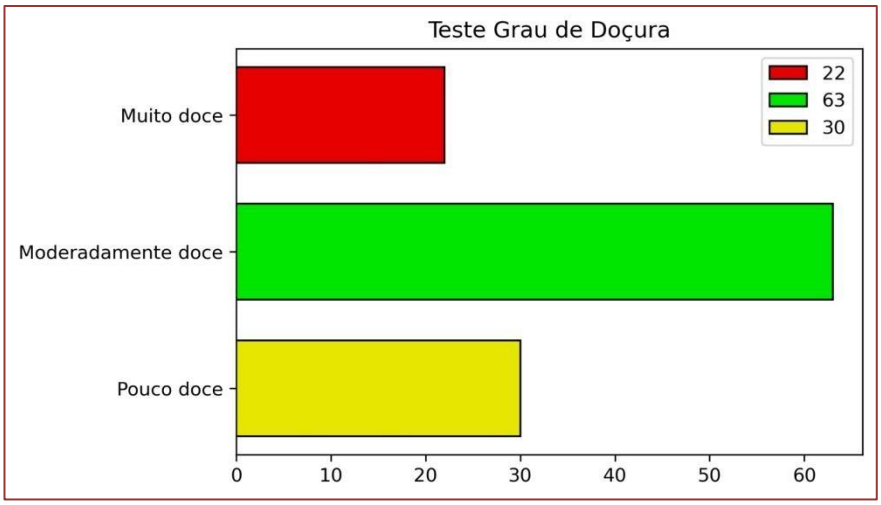
Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

Outro estudo é o de Aryana e Olson (2017), que analisaram a aceitação de iogurtes com diferentes frutas adicionadas, destacando que a percepção positiva está fortemente relacionada à combinação entre sabor doce e ácido equilibrados, característica também presente no iogurte de bacuri desenvolvido.

3.3. TESTE DE GRAU DE DOÇURA

Quanto ao teste de doçura (Figura 9 e Quadro 4), a categoria "Moderadamente Doce" foi preferida por 63 dos 115 assessores (54,8%), indicando que a formulação alcançou um bom equilíbrio no nível de doçura. Em comparação, estudos de Azambuja *et al*. (2019) sobre iogurtes com adição de polpas de frutas também destacaram a preferência por doçura moderada, ressaltando que níveis muito altos ou baixos de doçura podem reduzir a aceitação do produto.

Figura 9: Teste de Grau de Doçura



Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

Quadro 4: Resultados do Teste de Grau de Doçura em percentual

Categoria	Número de respostas	Percentual (%)
Pouco doce	30	26,1
Moderadamente doce	63	54,8
Muito doce	22	19,1
Total	**115**	**100**

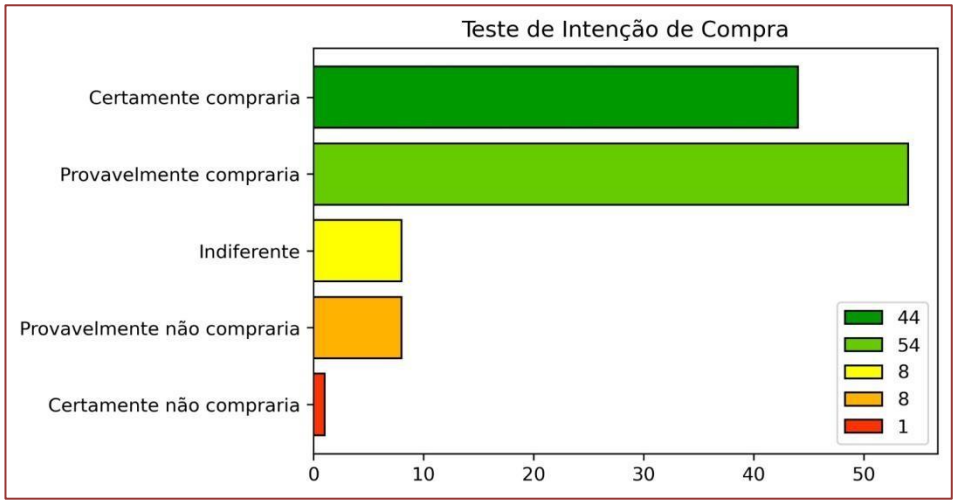
Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

Ribeiro *et al*. (2021) observaram em suas formulações de iogurte com frutas amazônicas que o equilíbrio no grau de doçura é essencial para destacar os compostos aromáticos naturais da fruta, aspecto também percebido no iogurte de bacuri, conforme relatado pelos participantes do presente estudo.

3.4. TESTE DE INTENÇÃO DE COMPRA

Abaixo, na Figura 10 e no Quadro 5, observa-se os resultados obtidos a partir da realização do Teste de Intenção de Compra.

Figura 10: Teste de Intenção de Compra



Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

Quadro 5: Resultados do Teste de Intenção de Compra em percentual

Categoria	Número de respostas	Percentual (%)
Certamente não compraria	1	0,9%
Provavelmente não compraria	8	7,0%
Indiferente	8	7,0%
Provavelmente compraria	54	47,0%
Certamente compraria	44	38,3%
Total	**115**	**100%**

Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

No teste de intenção de compra (Figura 8 e Quadro 5), 85% dos participantes indicaram que “Provavelmente Comprariam” ou “Certamente Comprariam” o iogurte de bacuri, o que demonstrou um alto potencial de mercado para o produto. Esses resultados corroboram com estudos de Saviano e Hutkins (2021), que destacam que produtos lácteos com ingredientes funcionais e sabores diferenciados têm maior aceitação comercial devido às tendências de consumo saudável e único.

Ademais, o estudo de Teodoro *et al*. (2024) aponta que a adição de frutas ricas em compostos bioativos, como o bacuri, não apenas melhora a intenção de compra, mas também atrai consumidores que valorizam produtos sustentáveis e de origem regional, ampliando o apelo mercadológico.

A textura do iogurte adicionado de bacuri demonstrou ser um fator relevante para sua alta aceitação sensorial, alinhando-se à literatura que destaca a influência das propriedades reológicas em produtos lácteos fermentados. Segundo Sfakianakis e Tzia (2014), a textura de iogurtes é diretamente impactada pelo processo de fermentação, concentração de sólidos e interação com ingredientes adicionais. No presente trabalho, a adição do mesocarpo de bacuri contribuiu para uma textura cremosa e homogênea, característica que favorece a percepção sensorial, conforme observado em outras formulações com frutas tropicais, como relatado por Azambuja *et al.* (2019). Além disso, a interação dos compostos bioativos e fibras naturais presentes no mesocarpo pode ter melhorado a retenção de água e a consistência do produto, aspecto também descrito por Ribeiro *et al*. (2021) ao analisarem derivados lácteos enriquecidos com ingredientes amazônicos.

4. CONCLUSÃO

O desenvolvimento de iogurte natural adicionado de mesocarpo e calda de polpa de bacuri (*Platonia insignis* Mart.) revelou-se uma abordagem promissora para a indústria alimentícia, unindo inovação, sustentabilidade e valorização de recursos regionais. Os resultados demonstraram alta aceitação sensorial, equilíbrio no grau de doçura e potencial comercial significativo, reforçando a viabilidade do produto.

Além de proporcionar um alimento rico em compostos bioativos, o reaproveitamento do mesocarpo de bacuri contribui diretamente para a redução de desperdício agroindustrial, promovendo práticas alinhadas aos princípios de economia circular e sustentabilidade. Nesse contexto, o trabalho atende diretamente ao ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis), ao incentivar o aproveitamento integral de matérias-primas, e ao ODS 15 (Vida Terrestre), por minimizar os impactos ambientais decorrentes do descarte inadequado de resíduos agroindustriais.

Além disso, a valorização de ingredientes regionais e o fortalecimento da bioeconomia local dialogam com o ODS 8 (Trabalho Decente e Crescimento Econômico), criando oportunidades para pequenos produtores e fomentando o desenvolvimento sustentável da região amazônica. Por fim, a promoção de um produto com benefícios nutricionais e funcionais está alinhada a ODS 3 (Saúde e Bem-Estar), ao contribuir para uma alimentação saudável e acessível.

Assim, o estudo evidenciou o potencial do iogurte de bacuri como um exemplo de inovação sustentável que integra benefícios para a saúde, a sociedade e o meio ambiente, promovendo um modelo de desenvolvimento mais responsável e inclusivo.

REFERÊNCIAS

[1] ARYANA, K. J.; OLSON, D. W. A 100-Year Review: Yogurt and other cultured dairy products. **Journal of Dairy Science**, 2017.

[2] AZAMBUJA, D.S. *et al*. Análise sensorial de iogurte natural de maracujá com diferentes tipos de edulcorantes: um olhar do nutricionista. **Revista Uniabeu**, v. 12, n. 30, p. 360- 372, 2019.

[3] LINDOSO, J. V. S. *et al*. Efeitos da manteiga de semente de "Bacuri" (*Platonia insignis Mart.*), uma fruta da Amazônia brasileira, sobre o estresse oxidativo e parâmetros relacionados ao diabetes mellitus em ratos STZ-diabéticos. **Biology**, v. 11, n.4, abr. 2022.

[4] PIMENTEL, RB; SOUZA, EP Técnicas de análise sensorial. São Paulo: Edgard Blücher, 2011.

[5] RIBEIRO, D. C. *et al*. Bioflavonóides bioativos de resíduos de *Platonia insignis* (Bacuri) como compostos de valor agregado. **Revista da Sociedade Brasileira de Química**, v. 32, n.4, abr. 2021.

[6] SANTOS, J. *et al*. Avaliação dos compostos bioativos e ação antioxidante do iogurte de beterraba com limão. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 5, p. 29301-29311, 2020.

[7] SAVAIANO, D. A.; HUTKINS, R. W. Yogurt, culture fermente milk and health: A systematic review. **Nutrition reviews**, v. 79, n. 5, p. 599-614, 2021.

[8] SFAKIANAKIS, P.; TZIA, C. Convention alandin novative processing of milk for yogurt manufacture; development of texture and flavor: a review. **Foods**, v. 3, n. 1, p. 176-193, 2014.

[9] SILVA, I. M. *et al*. Obtenção de corante natural de antocianinas extraídas de capim-gordura (Melinisminutiflora P. Beauv.) e estudo da aplicação em iogurtes. **Researc Society and Development**, v. 11, n. 3, 2022.

[10] SOUZA, P. G.*et al*. Avaliação da qualidade físico-química de bebidas lácteas sabor de araçáboi (Eugenia stipitata). **Brazilian Journal of Science**, v. 1, n. 2, p. 59-64, 2022.

[11] STONE, Herbert; SIDEL, Joel L. Práticas de avaliação sensorial. 3. Ed. Amsterdã: Academic Press, 2004.

[12] TEODORO, A. *et al*. Frutas Nativas e Exóticas do Brasil. Editora Appris Ltda, ed. 1, 2024.

[13] YAMAGUCHI, K. K. L. et al. Valorização de resíduos de frutas de Bacuri amazônico (Platonia insignis Mart.) usando metodologia de superfície de resposta. **Biomolecules**, v. 11, n. 12, nov. 2021.

Capítulo 5

Geleia de tamarindo (Tamarindus indica l) adicionada de tâmara (Phoenix dactylifera l) e açúcar de coco (Cocos nucifera l) (Jelly Tam)

Adenise Pereira Nascimento de Abreu
Selmária Cruz dos Santos Ferreira Serrate
Celina Nunes Cruz
Maria Luiza Chaves Ferreira
Milene Xavier Amaral
Luara Lima Holanda
Laura Cronemberger de Miranda Piauilino
Maria Fabrícia Beserra Gonçalves
Amanda de Castro Amorim Serpa Brandão
Regilda Saraiva dos Reis Moreira Araújo

Resumo: **Introdução**: A crescente demanda por alimentos funcionais tem impulsionado a busca por alternativas nutricionalmente equilibradas e com menor impacto glicêmico. Nesse contexto, o desenvolvimento de produtos inovadores à base de frutas tropicais pode representar uma opção viável para consumidores que necessitam controlar a ingestão de açúcares. **Objetivo**: Este estudo teve como objetivo desenvolver uma geleia de tamarindo (*Tamarindus indica* L.) adicionada de tâmaras (*Phoenix dactylifera* L.) e açúcar de coco (*Cocos nucifera* L.), como alternativa alimentar para diabéticos e pessoas que desejam reduzir o consumo de açúcares refinados na alimentação. **Metodologia**: Foram testadas diferentes formulações, posteriormente submetidas à avaliação sensorial, utilizando testes de escala hedônica, grau de doçura e intenção de compra. A formulação de maior aceitação foi analisada quanto à estimativa de composição química e valor energético total. A pesquisa de anterioridade foi realizada no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) e na base Espacenet, e não identificou registros de patentes semelhantes ao produto desenvolvido. **Resultados**: Os resultados indicaram que a formulação selecionada apresentou boas características sensoriais e perfil nutricional adequado, sugerindo sua viabilidade como opção para consumidores que buscam produtos com menor índice glicêmico. **Conclusão**: Conclui-se que a incorporação da frutose natural da tâmara e do açúcar de coco pode contribuir para o desenvolvimento de produtos inovadores e mais saudáveis.

Palavras chave: Geleia de Tamarindo, Tâmara, Açúcar de coco, Alimento funcional.

1. INTRODUÇÃO

A Legislação Brasileira de Alimentos define as geleias de frutas como "produto obtido pela cocção de frutas inteiras ou em pedaços, polpas ou sucos de frutas, com açúcar e água, e concentrado até a consistência gelatinosa". A classificação adotada pela Legislação determina que uma geleia pode ser comum ou extra: "a) Comum: quando preparadas numa proporção de 40 partes de frutas frescas ou seu equivalente para 60 partes de açúcar. b) Extra: quando preparadas numa proporção de 50 partes de frutas frescas ou seu equivalente para 50 partes de açúcar" (Brasil, 1978).

O Tamarindo (*Tamarindus indica L.)* é originário da África, dispersando-se em países de clima tropical e subtropical. Chegou ao Brasil através dos colonizadores, e é encontrado principalmente na região Nordeste (Salles *et al*., 2020). Sua polpa é rica em fibras solúveis e açúcares, e possui o ácido tartárico, que atribui, mesmo maduro, sabor azedo adocicado ao fruto (Leite *et al*., 2019). É encontrado também o ácido cítrico e o málico, conferindo-lhe um pH de 2,6, o que contribui com a conservação dos frutos da tamarindo, que associados ao baixo teor de água presente na polpa, podem ser armazenados sob refrigeração ou mesmo à temperatura ambiente, por longos períodos de tempo (Magalhães, 2018).

Existem mais de 2.000 variedades de tâmaras, conhecidas pelo seu elevado valor nutricional e pela abundância de flavonoides e compostos fenólicos, que possuem propriedades anti-inflamatórias e antioxidantes. Os frutos da tamareira são ricos em nutrientes e compostos bioativos, como carotenóides e polifenóis, tornando se uma excelente opção para uso na alimentação humana e animal como suplemento energético. As tâmaras contêm carboidratos (44% a 88% de açúcar total), gordura (0,2% a 0,5%), proteínas (2,3% a 5,6%), fibras (6,4% a 11,5%), minerais (de 0,1 mg/100 g a 916 mg/100 g de fruto) e vitaminas, como A, B1, B2, C, niacina e riboflavina (Mirghani, 2024; Sharifi *et al*., 2015).

Segundo Mirghani (2024), as evidências sugerem que as tâmaras possuem efeito redutor da glicose no sangue. Além disso, ajudam a diminuir os níveis de colesterol total e triglicerídeos, ao mesmo tempo que aumentam os níveis de lipoproteínas de alta densidade (HDL). As tâmaras também promovem a abundância de microbiota intestinal benéfica.

A frutose é um carboidrato importante encontrado no organismo humano e na maioria das plantas. Foi isolada pela primeira vez em 1847, a partir da cana-de-açúcar. Seu nome tem origem na palavra latina fructus, já que as frutas são uma fonte significativa desse carboidrato. A ingestão moderada de frutose presente em alimentos naturais pode trazer benefícios, sendo utilizada como uma fonte de energia para o organismo. (Barreiros *et al*., 2005).

A árvore de Cocos nuciferas l, é amplamente cultivada devido às suas diversas utilidades, destacando-se especialmente pelos seus valores nutricionais e propriedades medicinais, conforme mencionado por Retec (2007). A amêndoa de coco demonstra efeito antidiabético, atribuído à sua proteína, que exibe uma significativa atividade no combate ao diabetes. Isso ocorre através da normalização dos níveis de glicogênio, da regulação das enzimas envolvidas no metabolismo dos carboidratos e da reparação do dano pancreático. Esse efeito é facilitado pela regeneração das células pancreáticas, influenciada pela presença de arginina (Debmandal; Mandal, 2011).

Conforme informações disponibilizadas por distribuidores de açúcar de coco no Brasil e

em Portugal, o açúcar de coco, obtido a partir do fluido das flores da palma de coco, é rico em potássio, magnésio, zinco, cálcio e ferro. Além disso, contém uma alta concentração de compostos antioxidantes como Flavonoides, Antocianinas e Polifenóis, apresentando um índice glicêmico de 35% (Biosamara, 2016; Copra, 2016).

Alimentos funcionais são aqueles que, ao serem incorporados na dieta diária, não apenas oferecem nutrição, mas também proporcionam benefícios fisiológicos específicos devido à presença de componentes com propriedades saudáveis (Candido; Campos, 2005). Esses componentes não são considerados nutrientes tradicionais, mas possuem efeitos funcionais positivos adicionais aos efeitos usuais dos nutrientes (Angelis, 2001). A criação de novos produtos com o objetivo de promover e/ou preservar a saúde é uma das principais razões para as pesquisas na área de alimentos (Carvalho; Coelho, 2009).

Diante do exposto, o objetivo da elaboração do produto é criar uma geleia de tamarindo, adicionada com a frutose natural presente na tâmara e o açúcar de coco com a finalidade de oferecer uma alternativa saudável para pessoas diabéticas, e também promover o consumo consciente de açúcares com menor impacto glicêmico.

2. METODOLOGIA

2.1. BUSCA DE ANTERIORIDADE

Inicialmente foi conduzida uma pesquisa de anterioridade no site do Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) para verificar a existência de patentes relacionados ao produto a ser desenvolvido. Foram empregados como descritores principais na pesquisa, Geleia de tamarindo. No entanto, não foram encontradas patentes relacionados às matérias-primas essenciais à ideia de desenvolvimento.

Também foi realizada uma busca na base de dados Espacenet utilizando o termo "geleia de tamarindo", e não foram encontrados resultados.

2.2. DELINEAMENTO, LOCAL E PERÍODO DE ESTUDO

O estudo consistiu na formulação de um produto alimentício, sendo uma nova apresentação ao público. A composição inclui tamarindo, um ingrediente conhecido, porém pouco explorado em produtos disponíveis no mercado. Diante da escassez de variações comerciais, foi idealizada uma geleia de tamarindo combinada com tâmara e açúcar de coco, oferecendo ao consumidor um produto inovador e sem adição de conservantes. O processo de desenvolvimento, desde a concepção da ideia até os testes práticos e análise sensorial com assessores, foi realizado no departamento de nutrição ao longo de dois meses.

2.3. OBTENÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS

Os ingredientes utilizados no presente estudo foram adquiridos em supermercados varejistas da região de Teresina-PI.

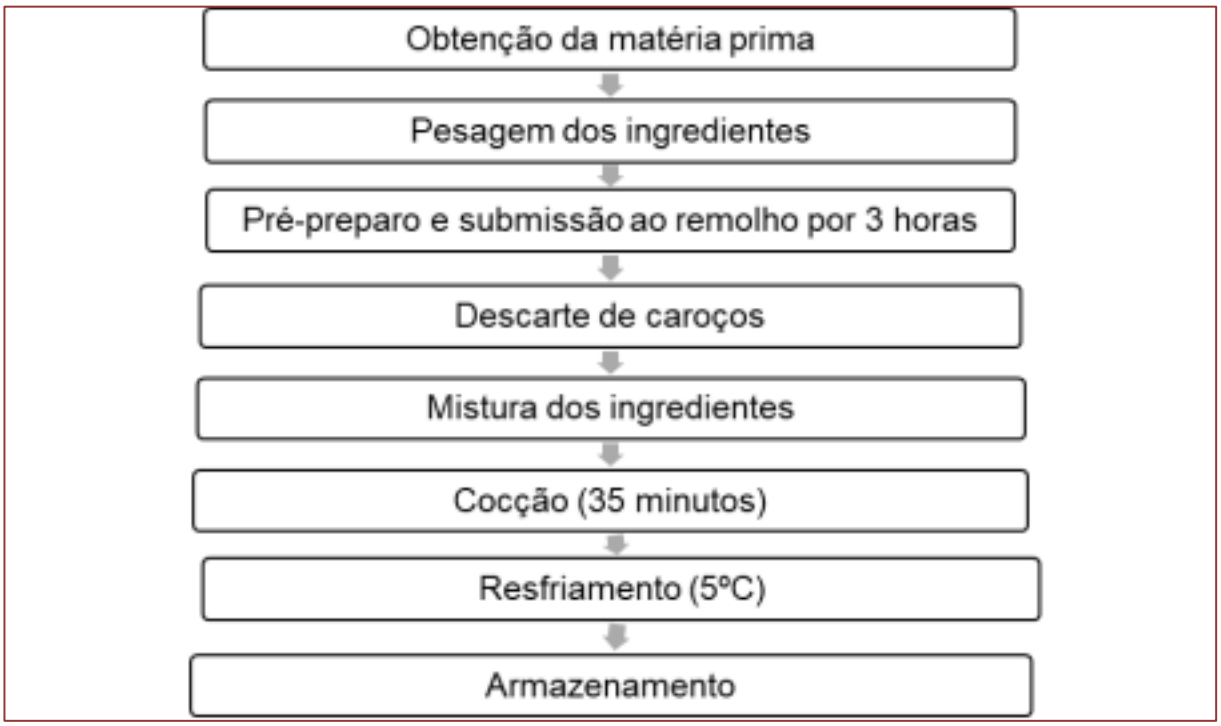
2.4. DESENVOLVIMENTO E OBTENÇÃO DO PRODUTO

Para a obtenção da polpa de tamarindo e tâmara, o fruto descascado foi imerso em água suficiente para cobri-lo completamente, permanecendo nesse estado por 12 horas. A tamarindo foi retirada a casca antes de colocar de molho. Já as tâmaras após o tempo de imersão tiveram a pele retirada, ficando apenas a parte carnosa. Posteriormente, as tamarindos foram colocadas em uma peneira e amassadas com uma colher de sopa para a remoção da polpa e dos caroços. As tâmaras, por sua vez, foram passadas na peneira para a extração da polpa.

Ambos os ingredientes foram pesados utilizando uma balança digital de cozinha, no laboratório de análise sensorial de alimentos.

Em seguida, a polpa de tamarindo 500g foi misturada com a pasta de tâmara 375g e o açúcar de coco 187,5g em uma panela, à qual foi adicionada a quantidade de água 625ml previamente medida em um béquer adequado. A mistura foi levada ao fogo e mexida continuamente até atingir o ponto de fervura (32 minutos a 70ºC). Após o início da fervura, o fogo foi reduzido, e a mistura continuou a ser mexida sem interrupção até alcançar o ponto de geleia.

Figura 1. Fluxograma de obtenção da geleia, Teresina, 2025



Fonte: Dados da pesquisa. Teresina, Piauí, 2025.

Quadro 1 - Formulação da Geleia de Tamarindo

Matérias-Primas	Faixas (%)
Polpa de Tamarindo	5-55
Pasta de Tâmara	5-45
Açúcar de coco	1-18
Água	5-45

Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

2.5. AVALIAÇÃO SENSORIAL

A análise sensorial foi realizada no Departamento de Nutrição, no Laboratório de Desenvolvimento de Produtos e Análise Sensorial de Alimentos, onde alunos e trabalhadores do Campus Ministro Petrônio Portela foram convidados a participar. As amostras foram preparadas no dia anterior à análise.

Assim que os assessores entravam nas cabines individuais, recebiam o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), contendo informações detalhadas sobre o estudo. Após a leitura, aqueles que concordaram em participar assinaram o termo, preenchendo com seu nome, identificação pessoal, assinatura e data.

Cada assessor foi devidamente instruído sobre o funcionamento dos três testes aplicados: escala hedônica de 9 pontos, grau de doçura e intenção de compra. No total, participaram 110 assessores, com idades entre 17 e 66 anos e sendo 68,18% do sexo feminino.

2.5.1. TESTE DE ESCALA HEDÔNICA

As amostras foram apresentadas aos assessores codificadas com números de três dígitos e aleatorizadas. Os assessores avaliaram o grau de aceitação das amostras por meio de uma escala hedônica de 9 pontos, que varia de “desgostei extremamente” (1) a “gostei extremamente” (9), permitindo uma inferência sobre a preferência do produto. Antes do início da avaliação, os julgadores receberam explicações detalhadas sobre a escala e o procedimento de degustação.

Explicou-se também que deveriam provar a geleia pura, atribuir uma nota conforme sua percepção sensorial e repetir a avaliação após provar a geleia com a torrada. O copo de água fornecido foi utilizado para a neutralização do paladar entre as degustações.

2.5.2. TESTE DE GRAU DE DOÇURA

As amostras foram apresentadas aos assessores codificadas com números de três dígitos e aleatorizadas. Os assessores foram instruídos a avaliar o grau de doçura da amostra utilizando uma escala numérica de 0 a 12, representando os níveis “pouco doce,” “moderadamente doce” e “muito doce,” de acordo com a percepção individual. A metodologia foi explicada antes do início do teste, garantindo que os mesmos

compreendessem os critérios de avaliação. Este teste seguiu as diretrizes descritas por Dutcosky (2011).

Explicou-se também que deveriam provar a geleia pura, atribuir uma nota conforme sua percepção sensorial e repetir a avaliação após provar a geleia com a torrada. O copo de água fornecido foi utilizado para a neutralização do paladar entre as degustações.

2.5.3. TESTE DE INTENÇÃO DE COMPRA

As amostras foram apresentadas aos assessores codificadas com números de três dígitos e aleatorizadas. Os participantes foram solicitados a indicar sua intenção de compra utilizando uma escala de 5 pontos, variando de "certamente não compraria" (1) a "certamente compraria" (5). O teste foi realizado conforme metodologia descrita por Dutcosky (2011), garantindo uma abordagem padronizada para análise da aceitação comercial do produto.

Explicou-se também que deveriam provar a geleia pura, para atribuir uma nota conforme sua percepção sensorial e repetir a avaliação após provar a geleia com a torrada. O copo de água fornecido foi utilizado para a neutralização do paladar entre as degustações.

2.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para análise estatística aplicou o Teste de Kruskal Wallis, com nível de significância $p < 0,05$ entre as variáveis.

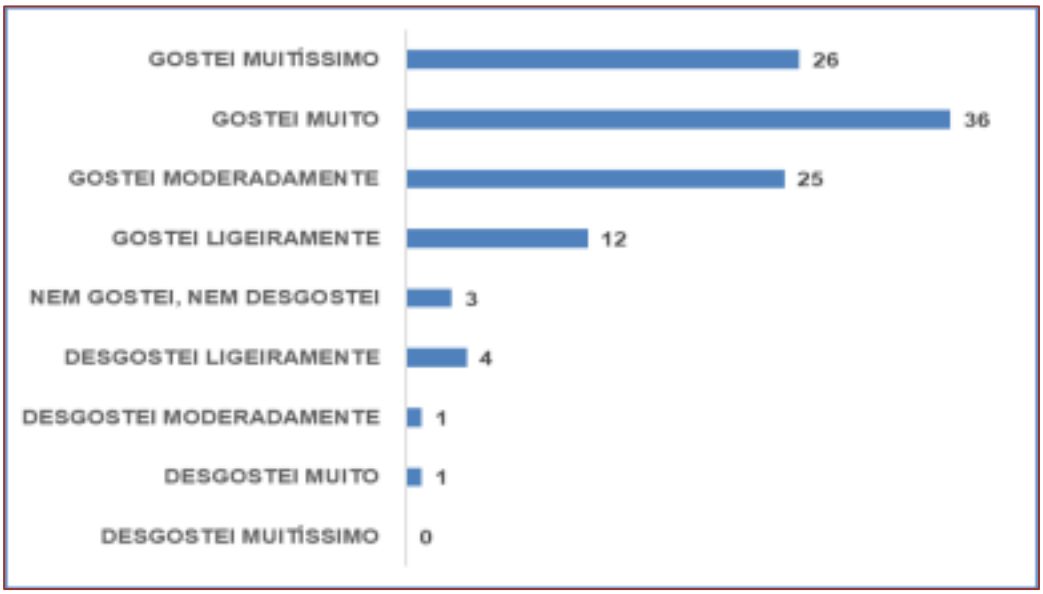
2.7. ASPECTOS ÉTICOS

O projeto temático do qual o presente estudo faz parte, foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal do Piauí, conforme as Diretrizes e Normas para Pesquisa com Seres Humanos do Conselho Nacional de Saúde – CNS, Resolução 466/12, sob o Parecer No 750.942. Os assessores sensoriais que fizeram parte da avaliação sensorial foram informados sobre os objetivos e metodologia da pesquisa e consultados por meio de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos testes de escala hedônica, grau de doçura e de intenção de compra foram realizados com 110 assessores não treinados estão expressos nas figuras abaixo.

Figura 1. Resultados dos testes de escala hedônica



Fonte: Dados do autor, 2025.

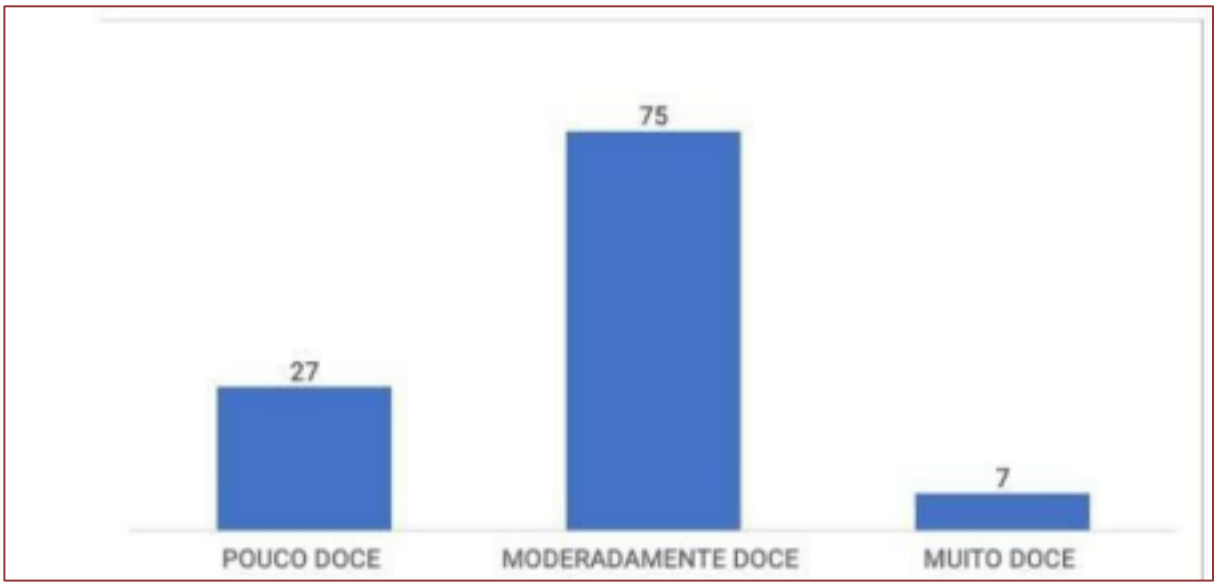
Os resultados do teste de escala hedônica indicaram uma aceitação majoritariamente positiva do produto. De acordo com a Figura 1, 26 assessores afirmaram "gostei muitíssimo", 36 "gostei muito", e 25 "gostei moderadamente". Apenas 12 mencionaram "gostei ligeiramente", enquanto as notas negativas foram escassas, apenas 3 notas para "nem gostei, nem desgostei", 4 para "desgostei ligeiramente", 1 para "desgostei moderadamente" e 1 para "desgostei muito". Esse panorama sugere que a formulação do produto conseguiu atender às expectativas gustativas de um amplo espectro de consumidores.

A escala hedônica, conforme destacado por Stone e Sidel (1993), é uma ferramenta eficiente para medir a aceitação de um produto, permitindo que os consumidores expressem suas preferências de maneira direta e intuitiva. A predominância de respostas positivas no teste indica que o perfil sensorial da geleia foi bem recebido pela maioria dos participantes.

A análise sensorial de alimentos frequentemente considera a textura, o sabor e o aroma como fatores cruciais para a aceitação do produto (Dutcosky, 2019). A combinação de ingredientes provavelmente criou uma harmonia de sabores que agradou ao paladar da maioria dos consumidores.

Muñoz *et al*. (1992) destacam que as preferências sensoriais podem variar significativamente entre os indivíduos, mas uma alta concentração de respostas positivas, como observada neste estudo, sugere que o produto tem um apelo generalizado. A baixa incidência de avaliações negativas reforça a ideia de que a formulação foi bem-sucedida em atender a um público diversificado, minimizando elementos que possam causar rejeição.

Figura 2- Resultados do Teste de Doçura



Fonte: Laboratório de Análise Sensorial, Universidade Federal do Piauí, 2025.

De acordo com a literatura, a percepção da doçura é subjetiva e pode ser influenciada por vários fatores, incluindo a composição do alimento e a experiência do avaliador. Segundo Murray et al. (2001) e Dutcosky (2019), a intensidade de gosto, como a doçura, pode variar entre os indivíduos devido a diferenças genéticas e culturais, além de influências ambientais como o treinamento sensorial. Na figura 2, 27 assessores (24,5%) classificaram a geleia como "pouco doce", enquanto 75 (68,2%) acharam-na "moderadamente doce", e 7 (6,4%) a consideraram "muito doce". Isso sugere uma tendência de percepção moderada da doçura, o que pode ser um reflexo de como a combinação dos ingredientes (tamarindo, tâmara e açúcar de coco) equilibra a doçura, não sendo nem excessiva, nem insuficiente.

Além disso, a literatura indica que os ingredientes utilizados podem influenciar a percepção sensorial de maneira significativa. A tâmara, por ser naturalmente doce, pode ter contribuído para a percepção mais doce do produto, enquanto a tamarindo, com seu sabor ácido e ligeiramente adstringente, pode ter suavizado essa doçura, tornando-a mais moderada (Stone e Sidel, 1993). O uso do açúcar de coco também pode ser um fator, uma vez que, embora doce, possui um sabor característico que pode alterar a percepção geral da doçura da geleia (Muñoz *et al*., 1992).

Por fim, o fato de que a maioria dos assessores (75 de 110) tenha classificado a geleia como "moderadamente doce" reflete uma preferência mais equilibrada, com a combinação dos ingredientes proporcionando uma sensação de doçura que é bem recebida pela maioria, mas sem ser excessiva para os gostos dos participantes. Isso é consistente com estudos que apontam que a doçura ideal varia entre diferentes populações e é altamente dependente do contexto (Dutcosky, 2019).

Figura 3- Resultados do Teste de Intenção de Compra da Geleia de tamarindo adicionado de tâmara

Fonte: Laboratório de Análise Sensorial, Universidade Federal do Piauí, 2025.

Na figura 3 os resultados mostraram que 26 (23,6%) dos assessores "certamente comprariam" o produto, 57 (51,8%) "provavelmente comprariam", 9 (8,2%) estavam "indiferentes", 12 (10,9%) "provavelmente não comprariam", e 3 (2,7%) "certamente não comprariam". Esses dados refletem uma predominância de aceitação positiva, com uma parcela significativa dos consumidores indicando intenção de compra. De acordo com Stone e Sidel (1993), a intenção de compra é um indicador crucial na avaliação sensorial, pois ajuda a prever o potencial de mercado de um produto. A alta proporção de consumidores que "certamente" ou "provavelmente" comprariam o produto (75,4% combinados) sugere que a combinação de tamarindo, tâmara e açúcar de coco apresenta um perfil sensorial atrativo, possivelmente devido ao equilíbrio de doçura e acidez, como discutido anteriormente.

Murray *et al*. (2001) destacam que a percepção sensorial, como sabor e textura, é fundamental para a aceitação de alimentos. Produtos com características sensoriais agradáveis são mais propensos a gerar uma intenção de compra positiva. A inclusão de tâmara e açúcar de coco, que são percebidos como ingredientes saudáveis e naturais, pode ter contribuído para a intenção de compra favorável, alinhando-se com as tendências de consumo por alimentos mais naturais e menos processados (Dutcosky, 2019).

Por outro lado, a pequena porcentagem de assessores que "provavelmente não comprariam" ou "certamente não comprariam" o produto (13,6%) pode refletir variabilidade nas preferências individuais, conforme apontado por Muñoz *et al*, 1992. Fatores como o sabor peculiar da tamarindo, ou a preferência por doces mais convencionais, podem ter influenciado essas respostas. Além disso, o grupo de 9 assessores que estavam "indiferentes" (8,2%) pode representar consumidores que não possuem uma forte opinião ou preferências específicas sobre o produto, indicando que, para esse grupo, a decisão de compra poderia depender de outros fatores, como preço ou conveniência. Portanto, os resultados indicaram uma forte aceitação da geleia sugerindo que o produto tem um potencial mercado.

4. CONCLUSÃO

O desenvolvimento das formulações permitiu explorar diferentes combinações de tamarindo, tâmara e açúcar de coco, resultando em variações de sabor e textura. A avaliação sensorial revelou que uma das formulações foi amplamente aceita, com uma intenção de compra positiva entre os participantes, indicando potencial para mercado consumidor. Além disso, a geleia é uma opção nutricionalmente interessante, com um perfil energético equilibrado e ingredientes naturais. Este trabalho contribui para a diversificação de produtos derivados da tamarindo, aproveitando as propriedades nutricionais e sensoriais das tâmaras e do açúcar de coco.

REFERÊNCIAS

[1] ABDEEN, E. S. M. M. Melhoria das propriedades funcionais de produtos lácteos por tâmaras. **Egyptian Journal of Food Science,** v. 46, p. 197–206, 2018.

[2] AGUIAR, V. F.; SILVA, J. M. M.; CAVALCANTE, C. E. B.; RIBEIRO, E. T. S.Desenvolvimento de geleia mista de maçã e mel: análise da viabilidade através da aceitação sensorial. **Conexão Ciência e Tecnologia,** v. 10, n. 3, p. 78-84, 2016.

[3] ANGELIS, R. C. **Novos Conceitos em Nutrição. Reflexões a respeito do elo dieta e saúde**. Arq Gastroenterol, v. 38, n. 4, p. 269-271, 2001.

[4] APRIYANTONO, A.; WIRATMA, H. E.; HUSAIN, L.; NURHAYATI, M.; LIE, N. L.; PUSPITASARI-NIENABER, J. J.; BUDIYANTO, H. S.Análise de voláteis de Kecap Manis (um molho de soja típico da Indonésia). In: TAYLOR, A. J.; MOTTRAM, D. S. (Ed.). **Ciência do sabor.** Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 1996.

[5] ARAÚJO, E.R.; RÊGO, E.R.; SAPUCAY, M.J.L.C.; RÊGO, M.M.; SANTOS, R.M.C. Elaboração e análise sensorial de geleia de pimenta com abacaxi. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais.** Campina Grande, v.14, n.3, p.233-238, 2012.

[6] ARCIERI, L. Adoçante orgânico. Pedido nº 20140335252A1. **Patente dos EUA,** 14 nov. 2014.

[7] ARSHAD, S.; REHMAN, T.; SAIF, S.; RAJOKA, M. S. R.; RANJHA, M. M. A. N.; HASSOUN, A.; CROPOTOVA, J.; TRIF, M.; YOUNAS, A.; AADIL, R. M. Substituição do açúcar refinado por adoçantes naturais: foco nos benefícios potenciais para a saúde. **Heliyon**, 2022.

[8] BARREIROS, A. L.; FERREIRA, T. T.; SILVA, C. P. **Frutose: estrutura e importância no metabolismo humano**. Química Nova, v. 28, n. 5, p. 762-765, 2005.

[9] BEN THABET, I.; BESBES, S.; MASMOUDI, M.; ATTIA, H.; DEROANNE, C.; BLECKER, C. Características composicionais, físicas, antioxidantes e sensoriais de um novo xarope de tamareira (Phoenix dactylifera L.). **Food Science and Technology International**, v. 15, p. 583–590, 2009.

[10] BIOSAMARA; **Açúcar de coco. O adoçante perfeito**.Disponívelem:<https://www.biosamara.pt/produtos_adocantes_acucar_de_c oco.php, 2016.Acessado em 16 jan. 2025.

[11] BRASIL, Resolução Normativa n. 15, 04 de maio de 1978. Regulamento técnico para fabricação de geléia de frutas. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Disponível em: < http://elegis.bvs.br/leisref/public/showAct.php?id=13547&word= pesticid$oragrotoxico$ >. Acesso em: jan. 2025.

[12] BUREAU OF AGRICULTURE AND FISHERIES PRODUCT STANDARDS**. Padrão nacional filipino para açúcar de seiva de coco — classificação e classificação.** Quezon City: Pinoyentre, 2022.

[13] CANDIDO, L. M. B.; CAMPOS, A. M. **Alimentos funcionais. Uma revisão**. Boletim da SBCTA. v. 29, n. 2, p. 193-203, 2005.

[14] CARVALHO, M.R.A.C; COELHO, N.R.A. **Leite de coco. Aplicações funcionais e tecnológicas.** v. 36, n. 5-6, p. 851-865, 2009.

[15] CASTRO-MUÑOZ, R.; CORREA-DELGADO, M.; CÓRDOVA-ALMEIDA, R.; LARA NAVA, D.; CHÁVEZ-

MUÑOZ, M.; VELÁSQUEZ-CHÁVEZ, V. F.; HERNÁNDEZ TORRES, C. E.; GONTAREK-CASTRO, E.; AHMAD, M. Z. Adoçantes naturais: fontes, extração e usos atuais em alimentos e indústrias alimentícias. **Química Alimentar**, 2022.

[16] COMISSÃO EUROPEIA (CE). **Sistema de Alerta Rápido para Alimentos e Rações (RASFF)** — Portal Database. Bruxelas: Comissão Europeia, 2022.

[17] COPRA ALIMENTÍCIA; **Açúcar de coco.** Disponível em: <http://www.copraalimenticia.com.br/produto/96/acucar-de-coco>, 2016.Acessado em 16 jan. 2025.

[18] DEBMANDAL, M; MANDAL, S. Coconut (Cocos nucifera L.: Arecaceae): In health promoting and disease prevention. **Asian Pacific Journal of Tropical Medicine**. sv, p. 241- 247, 2011.

[19] DONADIO, L.C.; NACHTIGAL, J.C.; SACRAMENTO, C.K. do. **Frutas exóticas.** Jaboticabal: FUNEP, 1988, 279p.

[20] DRAKE, M.A. Modern Sensory Practices. In: Clark S., Costello M., Drake M., Bodyfelt F. (eds) The Sensory Evaluation of Dairy Products. Springer, New York, NY; 2008.

[21] DUTCOSKY S.D. **Análise sensorial de Alimentos**. 3 ed. rev. e ampl. Curitiba: Champagnat, 2011. 426 p.

[22] DUTCOSKY, S. D.**Análise sensorial de alimentos**. 4. ed. Curitiba: Champagnat, 2019.

[23] EMBRAPA. **Preparo de geleias e doces de frutas.** Brasília: Embrapa, 2013. Disponível em: https://www.embrapa.br. Acesso em: 28 nov. 2024.

[24] FARAG, K. M. Tamareira: uma riqueza de alimentos saudáveis. In: CABALLERO, B.; FINGLAS, P. M.; TOLDRÁ, F. (editores). **Enciclopédia de Alimentos e Saúde.** Cambridge, MA: Academic Press, 2016.

[25] FERREIRA, F.S; SILVA, M. A.M. Resposta glicêmica do açúcar de coco, sacarose e açúcar mascavo em indivíduos saudáveis. **Brazilian Journal of Health Review**, v. 4, n. 4, p. 123-135, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.34119/bjhrv4n4-005> . Acesso em:16, Jan,2025.

[26] FOSTER-POWELL, K.; MILLER, J. B. Tabelas internacionais de índice glicêmico. **American Journal of Clinical Nutrition**, v. 62, p. 871S-890S, 1995. DOI: 10.1093/ajcn/62.4.871S.

[27] HEBBAR, K. B.; RAMESH, S. V.; GHOSH, D. K.; BEEGUM, P. P.; PANDISELVAM, R.; MANIKANTAN, M. R.; MATHEW, A. C. Coconut sugar — um depósito potencial de metabólitos nutritivos, novos bioprodutos e perspectivas. **Sugar Tech,** v. 24, p. 841-856, 2022. DOI: 10.1007/s12355-021-01101-3.

[28] HO, C. W.; AIDA, W. M. W.; MASKAT, M. Y.; OSMAN, H. Alterações em compostos voláteis da seiva de palma (Arenga pinnata) durante o processo de aquecimento para produção de açúcar de palma. **Food Chemistry,** v. 102, p. 1156-1162, 2007. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.07.004.

[29] HORI, K.; PURBOYO, R. B. R. A. Teor de ferro do açúcar de palma e suas formas químicas na Indonésia. **Journal of Consumer Studies & Home Economics**, v. 15, p. 287-293, 1991. DOI: 10.1111/j.1470-6431. 1991.tb00667. x.

[30] JAIN, A.; BHADORIYA, S.; GANESHPURKAR, A.; NARWARIA, J.; RAI, G. Tamarindus indica: Extent of explored potential. **Pharmacognosy Reviews**, v. 5, n. 9, p. 73-81, 2011.

[31] JULAI, K.; SRIDONPAI, P.; NGAMPEERAPONG, C.; TONGDONPO, K.; SUTTISANSANEE, U.; KRIENGSINYOS, W.; ON-NOM, N.; TANGSUPHOOM, N. **Efeitos dos métodos de extração e evaporação nas propriedades físico químicas, funcionais e nutricionais de xaropes de tâmaras Barhi (Phoenix dactylifera l.).** Foods, 2023.

[32] LEITE, L. A.; MEDEIROS, A. P.; SANTOS, R. F. **Características físico-químicas do tamarindo (*Tamarindus indica L.*).** Revista Brasileira de Fruticultura, v. 41, n. 4, p. 1-9, 2019.

[33] LEVANG, P. **Le cocotier est aussi une plante sucrière. Oléagineux**, v. 43, p. 159- 164, 1988.

[34] MAGALHÃES, R. F. **Estudo da conservação do tamarindo e seus derivados.** Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018.

[35] MIRGHANI, Z. **Nutritional and therapeutic properties of dates (*Phoenix dactylifera L.*).** Journal of Food and Nutrition Sciences, v. 11, n. 2, p. 87-102, 2024.

[36] MUÑOZ, I., et al. **Comparison of sweetness intensity of different sweeteners**. Food Research

International, 25(6), 419-423, 1992.

[37] MUÑOZ, L. A. et al. Estudio comparativo sobre la aceptación de edulcorantes en alimentos. **Revista Latinoamericana de Psicología,** v. 24, n. 3, p. 341-353, 1992.

[38] MUÑOZ-TEBAR, N.; VIUDA-MARTOS, M.; LORENZO, J. M.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A. **Estratégias para a valorização da tâmara e seus coprodutos: um novo ingrediente no desenvolvimento de alimentos de valor agregado.** Foods, 2023.

[39] MURRAY, J.; DUFFY, V. B.; SHETTLEWORTH, S. J. Perception of sweet taste and. its implications for food and drink consumption. **Physiology & behavior**, v. 74, n. 4, p. 415-420, 2001.

[40] NAJJAR, Z.; STATHOPOULOS, C.; CHOCKCHAISAWASDEE, S. Utilização de subprodutos de tâmaras na indústria alimentícia. **Emirates Journal of Food and Agriculture**, 2020.

[41] **PHILIPPINE COCONUT AUTHORITY (PCA).** Coconut processing technologies — coconut sap sugar. Quezon City: Philippine Coconut Authority, 2015.

[42] PORTUGUÊS, J. O. D.; KONAN, K.; LOUIS, J.Composição mineral de açúcares de mesa da seiva das inflorescências de três cultivares de coco (Cocos nucifera L.) na Costa do Marfim. **Journal of Chemistry, Biology, Physics, Science, 2021.**

[43] RETEC. **Industrialização do coco**: **beneficiamento (produção de coco ralado e leite de coco)**. Disponível em < http://www.sbrt.ibict.br>, 2007. Acessado em 16 jan.2025.

[44] SALLES, J. A.; COSTA, C. F.; SILVA, M. R. **O tamarindo no Brasil: aspectos históricos e nutricionais**. Revista de Alimentos e Nutrição, v. 31, n. 1, p. 45-52, 2020.

[45] SÁNCHEZ-ZAPATA, E.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; PEÑARANDA, M.; FUENTES ZARAGOZA, E.; SENDRA, E.; SAYAS, E.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A. Propriedades tecnológicas da pasta de tâmara obtida a partir de subprodutos de tâmara e seu efeito na qualidade de um produto de carne cozida. **International Journal of Food Research**, 2011.

[46] SARMA, C.; MUMMALETI, G.; SIVANANDHAM, V.; KALAKANDAN, S.; RAWSON, A.; ANANDHARAJ, A.Antologia da seiva de palmeira: o status global, composição nutricional, benefícios para a saúde e produtos de valor agregado. **Trends in Food Science & Technology**, v. 119, p. 530-549, 2022. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.12.002.

[47] SHARIFI, A.; ALIZADEH, H.; ZARE, M. **Bioactive compounds in dates: health benefits and applications.** International Journal of Food Science and Nutrition, v. 66, n. 4, p. 377-383, 2015.

[48] STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. 3. ed. San Diego: Academic Press, 1993.

[49] OLADZAD, S.; FALLAH, N.; MAHBOUBI, A.; AFSHAM, N.; TAHERZADEH, M. J. Resíduos do processamento de tâmaras e abordagens para sua valorização: uma revisão. **Bioresource Technology**, v. 340, p. 125625, 2021.

[50] TALEB, H.; MADDOCKS, S. E.; MORRIS, R. K.; KANEKANIAN, A. D. A atividade antibacteriana dos polifenóis do xarope de tâmaras contra S. aureus e E. coli. **Frontiers in Microbiology**, 2016.

[51] TANG, Z.-X.; SHI, L.-E.; ALEID, S. M. Tâmara: Composição química, valores nutricionais e medicinais, produtos. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 2013.

[52] TOMOMATSU, A.; ITOH, T.; WIJAYA, H.; NASUTION, Z.; KUMENDONG, J.; MATSUYAMA, A. Constituintes químicos da seiva contendo açúcar e do açúcar mascavo da palma na Indonésia. **Japanese Journal of Tropical Agriculture,** v. 40, p. 175-181, 1996.

[53] TRINIDAD, T. P.; MALLILLIN, A. C.; SAGUM, R. S.; ENCABO, R. R. Índice glicêmico de alimentos ricos em carboidratos comumente consumidos nas Filipinas. **Journal of Functional Foods**, v. 2, p. 271-274, 2010.

[54] WRAGE, J.; BURMESTER, S.; KUBALLA, J.; ROHN, S. **Açúcar de coco (Cocos nucifera L.): processo de produção, caracterização química e propriedades sensoriais. LWT — Ciência e Tecnologia de Alimentos,** v. 112, p. 108227, 2019. DOI: 10.1016/j.lwt.2019.05.125.

Capítulo 6

Elaboração homus de castanha de cajú (Anacardium occidentale l.) com chichá (Sterculia striata n.)

Júlia Lustosa Soares
Lana Graziely Rocha Braga
Maria Clara Cruz Bastos
Matheus Guimarães Batista
Nicolle Botelho de Araújo
Samuel Ribeiro de Assis
Yasmin Valentina das Costas Santos
Maria Fabrícia Beserra Gonçalves
Amanda de Castro Amorim Serpa Brandão
Regilda Saraiva dos Reis Moreira Araújo

Resumo: O Nordeste brasileiro se destaca pela presença de espécies vegetais potencialmente relevantes economicamente, dentre elas o chichá e a castanha de caju. Portanto o objetivo deste trabalho foi desenvolver um homus de castanha de caju (*Anacardium occidentale* l.) adicionado de farinha de chichá (*Sterculia striata* n.) e utilizar testes sensoriais para avaliar sua aceitação pelo público. A análise sensorial foi realizada com 120 assessores não treinados com idade média de 22 anos. Para avaliar a aceitação do produto foi utilizada uma escala hedônica de 9 pontos que variou entre "desgostei muitíssimo" a "gostei muitíssimo", para intenção de compra foi aplicado um teste com escala de 5 pontos que variou de "certamente compraria" a "certamente não compraria" e para determinação do grau de doçura utilizou-se uma escala de 12 pontos que variou entre "pouco doce" "moderadamente doce" e "muito doce". Pelo teste de escala hedônica a aceitação sensorial foi de 91,67%. No teste de intenção de compra 89,17% comprariam a formulação do homus de castanha de caju com chichá e a respeito do grau de doçura 62,5% dos assessores classificaram o produto como "moderadamente doce". O homus desenvolvido, para além das características sensoriais, apresentou em 100g valor energético total de 374 kcal, 34,4 g de carboidratos, 10,4 gramas de proteína e 23,6 gramas de lipídios. Assim, a formulação desenvolvida demonstrou um elevado potencial de mercado, uma vez que obteve excelentes resultados na análise sensorial.

Palavras chave: Análise sensorial, Chichá, Castanha-de-cajú, Pasta.

1. INTRODUÇÃO

No Nordeste brasileiro, o caju desempenha um papel fundamental na economia, na cultura e na identidade regional. Seu cultivo é uma importante fonte de emprego e renda para as comunidades locais e para o país. O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.) gera tanto a castanha de caju quanto o pseudofruto, conhecido popularmente como caju. A castanha de caju, composta por casca, película e amêndoa, representa um produto de alto valor econômico e nutricional, sendo amplamente exportada (Paiva; Garrutti; Silva Neto, 2000).

O fruto verdadeiro do cajueiro é a castanha, enquanto o caju propriamente dito é o pedúnculo floral, rico em fibras e vitaminas. Sua polpa macia e suculenta pode ser consumida in natura ou utilizada na produção de sucos e doces (Andrade *et al*., 2011; Carvalho *et al*., 2011; Trevisan *et al*., 2006). A amêndoa da castanha de caju destaca-se por seu perfil nutricional, contendo aminoácidos essenciais, ácidos graxos benéficos, antioxidantes e minerais essenciais (Agila; Barringer, 2011; Mattison *et al*., 2018).

Outro fruto de relevância nutricional e econômica é o chichá (*Sterculia striata* n.), uma espécie do cerrado brasileiro com alto potencial alimentício e funcional. Suas amêndoas, consumidas cruas, torradas ou cozidas, apresentam composição rica em proteínas, lipídios, minerais e fibras, sendo uma fonte alimentar promissora (Policarpi *et al.,* 2018).

A amêndoa de chichá, também chamada de amendoim-do-campo, é uma espécie vegetal presente na região Meio-Norte do Brasil, podendo ser consumida crua, cozida ou torrada. Essa amêndoa é rica em lipídios, carboidratos, proteínas, fibras alimentares, cálcio (Ca), zinco (Zn) e ferro (Fe), destacando-se como uma fonte nutricional disponível tanto no mercado nacional quanto no internacional (Campos, *et al*, 2021).

Além disso, o açúcar de coco (*Cocus nucifera* L.) vem ganhando destaque como um adoçante natural de baixo índice glicêmico, rico em minerais e compostos antioxidantes, sendo considerado uma alternativa mais sustentável em relação ao açúcar convencional (Mammen *et al*., 2020; Ferreira; Silva, 2021).

O açúcar de coco é extremamente relevante em comparação aos outros por possuir o índice glicêmico relativamente baixo e a presença de inulina que é responsável por essa baixa carga glicêmica (Thomaz; Costa, 2016). Além disso, esse alimento pode conter minerais como ferro, zinco, cálcio, potássio e fósforo, vitaminas como o complexo B1, 3, 5, 7 e a vitamina C, e elevadas quantidades de compostos antioxidantes. Além do mais, possui efeito tanto de proteção ao coração devido a maior parte de sua composição de ácidos graxos saturados de cadeia média serem não participarem da produção e transporte de colesterol. Por fim, também possui efeito antiabético em virtude da proteína da amêndoa que possui a capacidade de inversão dos níveis de glicogênio (Gomes *et al.,* 2024).

Diante desse contexto, o presente estudo teve como objetivo desenvolver um homus inovador à base de castanha de caju e chichá, incorporando o açúcar de coco como adoçante natural. A formulação buscou valorizar ingredientes regionais e oferecer uma alternativa saudável e sustentável às pastas tradicionais, como a pasta de amendoim.

2. METODOLOGIA

2.1. BUSCA DE ANTERIORIDADES

A pesquisa realizada no Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) revelou que não há registros de patentes para produtos que combinem castanha de caju e chichá na forma de pasta. Esse achado sugere a originalidade da proposta e a viabilidade de um pedido de patente.

Os descritores utilizados foram: “Pasta de castanha de caju”, “Pasta de castanha de caju com chichá”, “Homus de castanha de caju adicionado de chichá”, “'Homus de *Anacardium occidentale* l. adicionado de *Sterculia striata* n.”.

2.2. DELINEAMENTO, LOCAL E PERÍODO DE ESTUDO

O estudo realizado foi realizado no Laboratório de Propriedades Funcionais de Alimentos e no Laboratório de Desenvolvimento de Produtos e Análise Sensorial de Alimentos (LASA), vinculado ao Departamento de Nutrição da Universidade Federal do Piauí, localizado no Campus Ministro Petrônio Portela, em Teresina, no período de novembro de 2024 até janeiro de 2025.

2.3. OBTENÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS

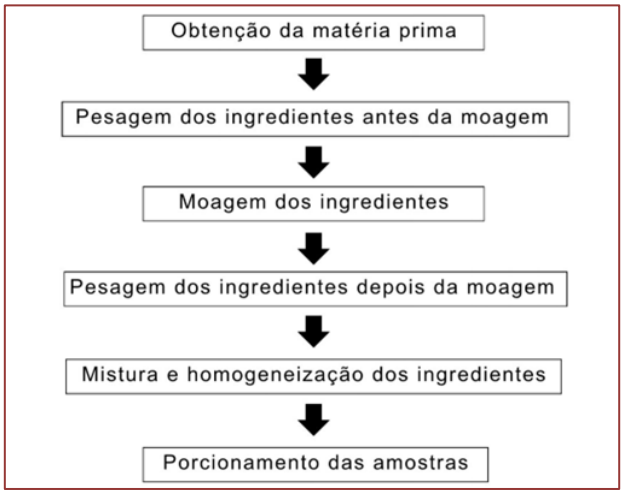
A castanha de caju e o açúcar de coco foram obtidos em empresas privadas locais, enquanto que o chichá foi fornecido por um produtor, coletado na Chácara São Carlos, na Usina Santana.

2.4. OBTENÇÃO DA FARINHA

Foi obtida a farinha da castanha de caju e a do chichá com o uso de um processador elétrico e posteriormente auxílio de gral com pistilo, sendo o processador do modelo Mixer 3 em 1 BMX400 da marca Britânia, de potência 500w. Foi utilizada a velocidade “turbo” do equipamento.

2.5. DESENVOLVIMENTO DO PRODUTO

Figura 1: Fluxograma da obtenção do produto



Fonte: Dados da pesquisa.

Após a obtenção das matérias primas, foi realizada a pesagem dos produtos antes de passarem pelo processo de moagem. Feito isso, as matérias primas foram moídas, para a diminuição de sua gramatura, sendo esse processo realizado com o auxílio de um gral em porcelana com pistilo, um processador e uma peneira.

Posteriormente, após o processo de moagem, foi realizada novamente a pesagem das matérias primas e em um recipiente de inox os ingredientes foram adicionados e homogeneizados com o auxílio de um mixer até se obter uma mistura pastosa e consistente.

Em seguida, o produto foi porcionado em copinhos de café em porções de 15 gramas com a utilização de um saco de confeiteiro.

Tabela 1 - Formulação do Homus de castanha de caju adicionado de chichá

Matérias-primas	Formulação (%)
Castanha de caju	20 – 75
Chichá	10 – 35
Açúcar de coco	2,5 – 20
Água	5 – 40
TOTAL	100

Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

2.6. AVALIAÇÃO SENSORIAL

A análise sensorial foi realizada no dia 15 de janeiro de 2025, no Laboratório de Desenvolvimento de Produtos e Análise Sensorial de Alimentos (LASA), vinculado ao

Departamento de Nutrição da Universidade Federal do Piauí, situado no Campus Ministro Petrônio Portela, em Teresina. Participaram um total de 120 assessores não treinados, com média de idade de 22 anos, os quais avaliaram três testes: escala hedônica, grau de doçura e intenção de compra. Além disso, esses testes foram realizados em cabines individuais, onde foram distribuídos um termo de consentimento livre esclarecido, bandeja com a amostra de 15g do produto em um copo descartável com números aleatórios de três dígitos, uma amostra de uma torrada e uma pazinha de picolé e um copo descartável com água.

2.6.1. TESTE DE ESCALA HEDÔNICA

Utilizou-se uma escala de 9 pontos que variou entre "desgostei muitíssimo" e "gostei muitíssimo". Os participantes provaram as amostras e indicaram o ponto na escala que melhor refletiu o grau de satisfação com o produto.

2.6.2. TESTE DE INTENÇÃO DE COMPRA

Neste teste, utilizou-se uma escala de 5 pontos que variou de “certamente compraria” a “certamente não compraria”, para medir a probabilidade de compra.

2.6.3. TESTE DE GRAU DE DOÇURA

Nesse método, foi utilizado uma escala de 12 pontos que variou entre "pouco doce", "moderadamente doce" e "muito doce". Os participantes provaram as amostras e indicaram o ponto na escala que melhor refletiu sua percepção.

2.7. COMPOSIÇÃO QUÍMICA E VET

A composição química e o VET foram calculados com base em dados obtidos em tabelas de composição química de cada ingrediente do produto. A composição da castanha de caju foi verificada em uma tabela de composição dos alimentos da EPM-UNIFESP, enquanto a do chichá foi verificada em dois artigos e a do açúcar de coco verificada no rótulo do produto.

Quadro 2. Composição química e VET

	15g	100g
VET	56kcal	374kcal
CHO	5,1g	34,4g
PRO	1,5g	10,4g
LIP	3,5g	23,6g

Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

2.8. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para verificar diferença entre as respostas das variáveis existentes na escala hedônica, teste de doçura e intenção de compra, foi aplicado o teste não paramétrico de Kruskal Wallis com um erro alfa de 5% ($p<0,05$) e intervalo de confiança de 95%.

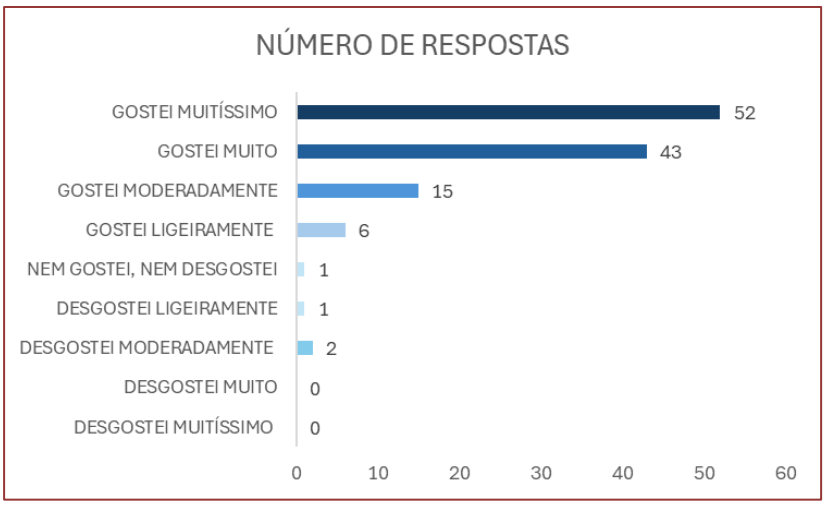
2.9. ASPECTOS ÉTICOS

Esse projeto faz parte do projeto temático que foi aprovado pelo Comitê de Ética da Universidade Federal do Piauí, conforme as Diretrizes e Normas para Pesquisa com Seres Humanos do Conselho Nacional de Saúde – CSN, Resolução 466/12, sob o Parecer Nº 750.942. Os assessores sensoriais que fizeram parte da avaliação sensorial foram informados sobre os objetivos e metodologia da pesquisa e consultados por meio de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta os dados obtidos no teste de escala hedônica aplicado para a pasta de castanha de caju com chicha. A avaliação contou com a participação de 120 assessores e teve como objetivo analisar a aceitação sensorial do produto. Para isso, foi utilizada uma escala de 1 a 9 pontos, permitindo mensurar a aceitação e impressões dos consumidores em relação ao produto avaliado.

Figura 2. Resultados do teste da escala hedônica



Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

Tabela 2. Percentual dos resultados do teste de escala hedônica

Pontos	Classificação	Número de assessores	Porcentagem (%)
9	Gostei muitíssimo	52	43,33
8	Gostei muito	43	35,83
7	Gostei moderadamente	15	12,51
6	Gostei ligeiramente	6	5,00
5	Nem gostei, nem desgostei	1	0,83
4	Desgostei ligeiramente	1	0,83
3	Desgostei moderadamente	2	1,67
2	Desgostei muito	0	0,00
1	Desgostei muitíssimo	0	0,00
TOTAL		120	100

Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

Os resultados do teste de escala hedônica mostraram uma grande aceitação da pasta de castanha de caju com chichá. A maior parte dos participantes avaliou o produto de forma bastante positiva, com 43,33% atribuindo a classificação "Gostei muitíssimo" (nota 9) e 35,83% classificando como "Gostei muito" (nota 8), totalizando 79,16% de respostas altamente favoráveis.

Além disso, 12,51% dos participantes indicaram "Gostei moderadamente" (nota 7), o que também demonstrou uma reação positiva. Somando as avaliações de "Gostei muitíssimo", "Gostei muito" e "Gostei moderadamente", obteve um total de 91,67% de respostas positivas ou moderadamente positivas.

Guimarães (2019) realizou um estudo avaliando três formulações de pasta de castanha de caju com diferentes concentrações de farinha de amêndoas de cupuaçu. A amostra C, com menor quantidade de farinha de amêndoas de cupuaçu, foi a mais aceita, com médias superiores para aroma (7,42), sabor (7,29) e textura (7,15), devido ao equilíbrio sensorial e menor amargor. Em contrapartida, as amostras A e B apresentaram rejeição em sabor e textura, resultado da maior concentração de farinha, que intensificou o amargor e reduziu a espalhabilidade.

Estudos como os de Lima *et al*. (2006) apontam que a escolha de adoçantes e a combinação adequada de ingredientes são fatores essenciais para melhorar a aceitação sensorial de produtos alimentícios, especialmente no que diz respeito ao sabor e à textura.

Assim, os dois estudos destacam o impacto da formulação no resultado sensorial. A pasta de castanha de caju com chichá se beneficiou do uso do açúcar de coco, que não apenas mascarou sabores amargos, mas também proporcionou doçura natural e um perfil nutricional mais atraente. Conforme discutido por Aydemir e Atalar (2019), a utilização de gorduras e adoçantes naturais é determinante para melhorar atributos sensoriais como textura, sabor e consistência em pastas e cremes.

As formulações do estudo de Guimarães (2019) mostraram que o excesso de ingredientes com sabores intensos, como a farinha de amêndoas de cupuaçu, pode limitar a aceitação sensorial caso não sejam equilibrados adequadamente. Para mais, Stone *et al*. (2004)

destacaram que o sucesso sensorial de um produto depende da harmonia entre os componentes da formulação e da ausência de sabores ou texturas que gerem desconforto ao consumidor.

Tabela 3. Percentual dos resultados do teste de grau de doçura

Pontos	Classificação	Número de assessores	Porcentagem (%)
0-4	Pouco doce	31	25,83
5-8	Moderadamente doce	75	62,50
9-12	Muito doce	14	11,67
TOTAL		120	100

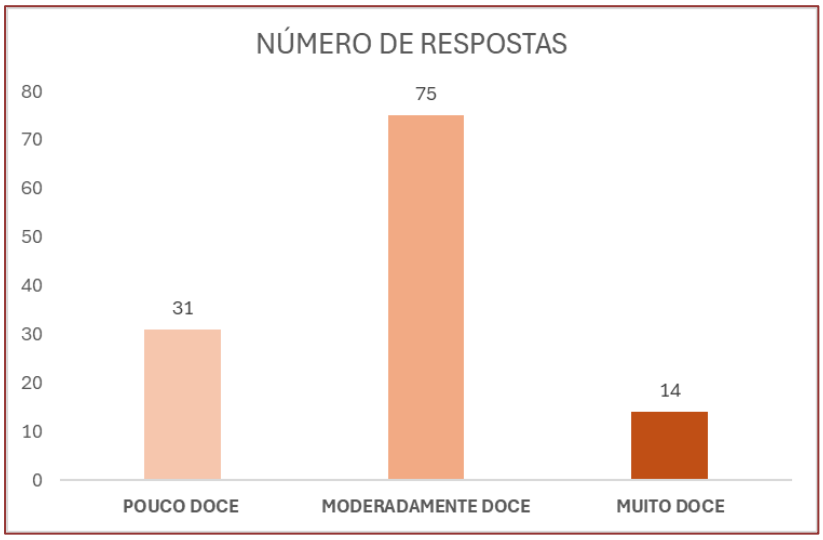
Fonte: Dados dos autores, 2025.

Os resultados da análise sensorial do teste de grau de doçura, foram obtidos por meio de um teste em que o assessor classificou entre 0 a 12 pontos conforme a Tabela 3, por sua vez, essa avaliação apontou que 25,83% classificaram como ‘’pouco doce’’, a grande maioria que corresponde a 62,50% indicou como ‘’moderadamente doce’’ que evidencia que a adição do açúcar de coco está em equilíbrio com os outros ingredientes propiciando uma experiência sensorial mais harmônica, e apenas 11,67% declararam como ‘’muito doce’’.

Além disso, pode-se destacar outros artigos como de Nascimento (2024) que desenvolveu uma bebida fermentada à base de xerém de castanha de caju e obteve uma classificação de grau de doçura menos doce quando comparado com o convencional, o que pode ser explicada pela criação de expectativas moldadas pelas experiências anteriores dos assessores. Enquanto, Araujo e Gusmão (2020) ao realizarem a análise desse mesmo parâmetro, comparando o açúcar de coco, cristal e mascavo, concluiu que o primeiro obteve a maior média em relação às outras formulações e, portanto, sendo uma excelente alternativa devido a sua grande capacidade adoçante sem gerar gostos residuais.

Portanto, o açúcar de coco além de possuir um elevado potencial adoçante, também pode substituir igualmente o açúcar mascavo, sem prejudicar a aceitação do produto. Assim, a indústria nacional motivada pela crescente busca por estilo de vida saudável do mundo atual, pode explorar essa tendência ao investir nesse produto. Por fim, é relevante destacar que diferente dos outros tipos de açúcares mencionados, o de coco contém em sua composição um alto teor de fibra, o que pode contribuir para a lentidão da absorção de glicose e um menor índice glicêmico (Oliveira *et al.,* 2019).

Figura 3. Resultados do teste de grau de doçura



Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

Os resultados do teste de intenção de compra, apresentados na Tabela 4, indicaram uma forte predisposição à compra da pasta de castanha de caju com chichá. A maioria dos participantes, 59,17%, afirmou que "Certamente compraria" (nota 5), enquanto 30,00% indicaram que "Provavelmente compraria" (nota 4), somando 89,17% de intenções de compras, o que demonstra um elevado potencial consumidor e de aceitação do produto.

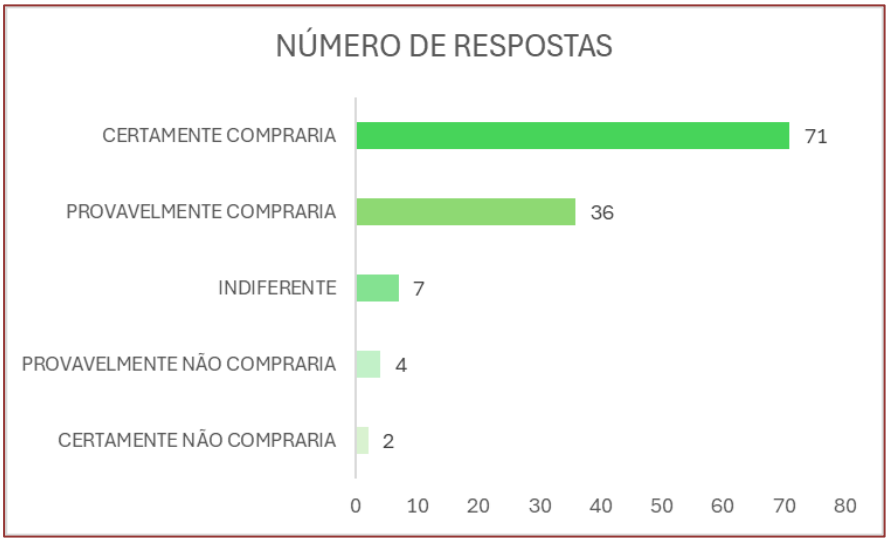
Lima e Duarte (2006), analisaram uma pasta de castanha de caju com diferentes incorporações de sabores, tais como chocolate, canela e a combinação de ambos. Neste estudo, no teste de intenção de compra foi obtido que acima de 60% dos assessores declararam que comprariam qualquer uma das formulações.

Tabela 4. Percentual dos resultados do teste de intenção de compra

Pontos	Classificação	Número de assessores	Porcentagem (%)
1	Certamente não compraria	2	1,67
2	Provavelmente não compraria	4	3,33
3	Indiferente	7	5,83
4	Provavelmente compraria	36	30,00
5	Certamente compraria	71	59,17
TOTAL		120	100

Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

Figura 4. Resultados do teste de intenção de compra



Fonte: Dados da pesquisa, 2025.

Em suma, esses resultados demonstram boa aceitação do produto e alta intenção de compra, os quais sugerem que o produto atende bem às preferências dos consumidores e apresenta grande potencial para inserção no mercado. Esses dados sugerem oportunidades para explorar nichos pouco explorados pelo comércio tradicional, já que a boa aceitação em conjunto com a necessidade de atender a demanda de um público preocupado com a saúde e inovação, é uma estratégia notável para o sucesso no desenvolvimento de novos produtos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Portanto, o homus de castanha de cajú adicionado de chichá, destaca-se pelo seu valor nutricional, especialmente vitaminas como a B2 e E, minerais como ferro, zinco, cobre, fósforo, potássio e magnésio, além de possuir ação antioxidante. De forma complementar, os resultados da análise sensorial evidenciaram que o produto foi classificado como ‘’moderadamente doce’’, pela maioria, o que demonstrou o equilíbrio harmônico entre a doçura e os outros atributos sensoriais.

Enquanto, o teste de escala hedônica, considerando as avaliações de "Gostei muitíssimo", "Gostei muito" e "Gostei moderadamente", foi extremamente satisfatória já que obteve um total de 91,67% de respostas com alta aceitação, o que sugere que o produto agradou quase todo o público. Além disso, o teste de intenção de compra alcançou, conforme a classificação de ‘Certamente compraria’’ e ‘’Provavelmente compraria’’, um total de 89,17% de intenções de compras, o que demonstrou um elevado potencial de mercado.

Além disso, após o desenvolvimento do homus de castanha de caju adicionado de chichá, foi estimado a composição química e valor energético total (VET) do produto, obtendo assim valores, para 100g de produto, de VET (374 kcal), carboidratos (34,4 g), proteínas (10,4g) e lipídios (23,6g). Sendo um produto com alto valor energético devido a valores elevados de lipídios e carboidratos.

REFERÊNCIAS

[1] AYDEMIR, O.; ATALAR, İ. Functionality of chestnut and fat/oil contents in cocoa chestnut cream production—A new product development. **Journal of Food Process Engineering**, 2019.

[2] AGILA, A.; BARRINGER, S. A. Volatile Profile of Cashews (Anacardium occidentale L.) from Different Geographical Origins during Roasting. **Journal of Food Science.** V. 76, N. 5, p. 768-774, 2011.

[3] ANDRADE, T. J. A. S.; ARAÚJO, B. Q.; CITÓ, A. M. G. L.; SILVA, J.; SAFFI, J.; RICHTER, M. F.; FERRAZ, A. B. F. Antioxidant Properties And Chemical Composition Of Technical Cashew Nut Shell Liquid (Tcnsl). **Food Chemistry**. V. 126, P. 1044–1048, 2011.

[4] ARAÚJO, J. C. M.; GUSMÃO, T. A. S. Elaboração de sobremesa láctea com concentrado proteico de soro e diferentes tipos de estabilizantes/espessantes: avaliação sensorial, de textura e estudo da vida de prateleira / Characterization of dairy dessert with whey protein concentrate and different types of stabilizers / thickeners: sensory evaluation, texture and study of shelf life. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 6, n. 9, p. 71225–71244, 2020.

[5] BORGES, T. R. A. Características nutritivas e funcionais de sequilho adicionado de farinha de chichá (Sterculia striata) e coco desidratado (Cocos nucifera) orgânicos. **Contribuciones a Las Ciencias Sociales**, São José dos Pinhais, v.17, n.9, p. 01-20, 2024

[6] CAMPOS, C. M. F. Development of functional cookies with Cerrado fruits and residues: sensory analysis, nutrients, and bioactive compounds. **Food Sci. Technol**, Campinas, Ahead of Print, 2021.

[7] CARVALHO, A. L. N.; ANNONIA, R.; SILVA, P. R. P. S.; BORELLI, P.; FOCK, R. A.; TREVISAN, M. T. S.; MAUAD, T. Acute, Subacute Toxicity And Mutagenic Effects Of Anacardic Acids From Cashew (Anacardium Occidentale Linn.) In Mice**. Journal Of Ethnopharmacology**. Vol. 135, P. 730–736, 2011.

[8] FERREIRA, F, SILVA, M.A. Glycemic response of coconut sugar, sucrose and brown sugar in healthy subjects. **Brazilian Journal of Health Review**, v.4, n.4, p.14427-14437, 2021.

[9] GOMES, S. et al. ALIMENTO FUNCIONAL: O POTENCIAL DO IOGURTE COM AÇÚCAR DE COCO. **Editora Científica Digital eBooks**, p. 8–21, 1 jan. 2024.

[10] GUIMARÃES, A. C. Elaboração de pasta de castanhas de caju com incorporação de amêndoas de cupuaçu em pó. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Maranhão, Imperatriz, 2019.

[11] LIMA, J. R.; BRUNO, L. M.; BORGES, M. F. Avaliação da qualidade físico-química, microbiológica e sensorial de pastas a base de amendoim, avelã e amêndoa de castanha de caju, comercializadas em Fortaleza, Estado do Ceará. **Higiene Alimentar**, v. 20, p. 51-54, 2006.

[12] LIMA, J. R.; DUARTE, E. de A. Pastas de castanha-de-caju com incorporação de sabores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 8, p. 1333-1335, ago. 2006

[13] MAMMEN, R.; JOHN, F.; KRISHNAKUMAR, I.M; MALIAKEL, B.; MOHANAN, R.; FLEENOR, B. Safety and influence of a novel powder form of coconut inflorescence sap on glycemic index and lipid profile. **NFS Journal**, v. 29, p. 16-25, 2022.

[14] MATTISON, C. P; CAVALCANTE, J. M.; GALLÃO, M. I.; BRITO, E. S. Effects Of Industrial Cashew Nut Processing On Anacardic Acid Content And Allergen Recognition By Ige. **Food Chemistry.** V. 240, P. 370–376, 2018.

[15] NASCIMENTO, R. S. B. do. **Desenvolvimento de uma bebida fermentada à base de xerém de castanha de caju (Anacardium occidentale L.)**. 2024. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2024.

[16] OLIVEIRA, J. M. S. et al. Avaliação sensorial de bolo de chocolate adicionado de diferentes açúcares. **V Encontro Nacional da Agroindústria**, 1 jan. 2019.

[17] PAIVA, F. F. A; GARRUTTI, D. S; SILVA NETO R. M. Aproveitamento Industrial do Caju**. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical**, P. 85, 2000.

[18] POLICARPI, P. B..; TURCATTO, L.; DEMOLINER, F.; FERRARI, R. A; BASCUÑAN, V. L. A. F; RAMOS, J. C.; BLOCK, J. M. Nutritional potential, chemical profile and antioxidant activity of Chichá (Sterculia striata) nuts and its by-products. **Food Research International**, v. 106, p. 736-744, 2018.

[19] STONE, H.; SIDEL, J. L.; SCHUTZ, H. G. Sensory evaluation practices. 3. ed. Boston: **Elsevier**, 2004.

[20] THOMAZ, R. L.; DA COSTA, G. F.; **Bolo funcional com baixa carga glicêmica e rico em antioxidantes**. In Congresso Internacional de Nutrição Funcional. 12.: 2016. São Paulo. Anais do XII Congresso Internacional de Nutrição Funcional. Universidade Veiga de Almeida (UVA). 2016. p. 3

[21] Trevisan, M. T. S.; Pfundstein, B.; Haubner, R.; Würtele, G.; Spiegelhalder, B.; Bartsch, H.; Owen, R.W. Characterization Of Alkyl Phenols In Cashew (Anacardium Occidentale) Products And Assay Of Their Antioxidant Capacity. **Food And Chemical Toxicology.** V. 44, P. 188–197, 2006.

[22] USDA. **National database for Standard Reference**. 2008.

Capítulo 7

Caracteristicas de compra pelo consumidor e as injúrias mecanicas em frutas e hortaliças

Issacar Flores Drachler
Vilmar Antônio Boff
Gilvane Souza de Matos
Kelly de Moraes
Juliana de Mello Silva

Resumo: O presente retrata parcialmente a pesquisa e respectivos resultados alcançados no Trabalho de Conclusão de Curso – TCC, no Curso de Ciência e Tecnologia de Alimentos – UERGS/Cruz Alta/RS. Trata-se de constatações e decisões identificadas em consumidores no momento de adquirir frutas e hortaliças, bem como as consequências em razão do manuseio dos produtos durante às compras. Para analisar e entender as características que os consumidores levam em conta no momento da aquisição dos produtos, utilizou-se o método de pesquisa aplicada, descritiva e exploratória, com a aplicação de um questionário gerado no *google forms*. Através da pesquisa de opinião buscou-se identificar os padrões de qualidade exigidos, com perguntas sobre a decisão de escolha e as características priorizadas no momento da compra. Para a análise e interpretação dos dados, as respostas foram sistematizadas em gráficos indicando as porcentagens em tópicos selecionados. Resultante desse processo de análise, tem-se como destaque que a relevância em relação a decisão de compra ficou assim apresentada: 86% consideram "alta relevância" a opção de adquirir produtos com injúrias mecânicas (ranhuras físicas); 62,8% consideram "alto" o tempo de vida de prateleira e 47,7% consideram "média" a decisão de preço. Conclui-se que o manuseio inadequado e consequentes danos no produto geram os principais impactos negativos nos frutos e interferem diretamente na escolha final do consumidor.

Palavras-chave: Consumidor, injúrias mecânicas, características de compra.

1. INTRODUÇÃO

A preocupação em consumir alimentos frescos e saudáveis vem se acentuando rapidamente, na mesma proporção em que se aumentam as preocupações com a saúde. Os consumidores estão cada vez mais atentos às descobertas nutricionais dos alimentos, buscando a qualidade daquilo que é consumido, o que corrobora com o aumento da venda de frutas, legumes e verduras (Passador *et al*., 2006).

Segundo Martins; Margarido; Bueno, (2007) o consumo destes alimentos tem grande significância de valor nutricional, pela combinação de fibras, vitaminas e minerais que eles possuem, dando-nos a possibilidade de uma vida mais saudável, e consequentemente aumentando a demanda pelos consumidores.

Este trabalho justifica-se em avaliar as características julgadas importantes pelo consumidor na hora de comprar frutas e hortaliças; do manuseio inadequado e as consequências geradas pelo mesmo e ainda os impactos das injúrias mecânicas na hora da decisão de compra.

As injúrias interferem na compra do produto, principalmente devido aos seus aspectos e características físicas que alteraram de maneira significativa o produto. As atitudes, muitas vezes involuntárias ao manusear esses produtos, geram grande desperdícios dos mesmos e consequentemente diminui sua qualidade ao consumi-los.

Segundo Souza *et al.,* (2008) dentre os critérios de escolhas dos consumidores no momento da compra de frutas e hortaliças os aspectos considerados mais importantes são a aparência do produto, seguido pelo sabor que os consumidores imaginam que eles possuem, em terceiro lugar o preço desses produtos, seguido pelos aspectos nutricionais e durabilidade prevista após a compra.

Após o contato com consumidores algumas frutas e frutos sofrem fricção, apertos e arranhões para testar sua macies e possível estado de maturação. Isto gera nesses alimentos deterioração e deformação fazendo com que tenham seu tempo de vida útil reduzido e aparência comercial afetada. O objetivo da pesquisa teve como busca entender as características de compras levadas em consideração pelo consumidor na hora de decisão de compra do produto, entender o que são as injúrias mecânicas e como elas interferem nos frutos, além de analisar a interferência das injúrias mecânicas durante a tomada de decisão do consumidor.

2. METODOLOGIA

A pesquisa de campo foi realizada por meio de aplicação de um questionário disponibilizado no meio eletrônico, em que os respondentes foram expressaram decisões que justificam sua decisão para o consumo de frutas e hortaliças, bem como outros aspectos e características físicas das frutas e hortaliças levados em consideração na hora da compra.

Nesse sentido, buscou identificar os padrões de qualidade exigidos pelos consumidores da região do Rio Grande do Sul para comprar frutas e hortaliças.

Para realizar a pesquisa descritiva e o levantamento das opiniões as informações foram obtidas pelo *google forms*. Destaca-se este processo ter sido aplicado durante o período da Pandemia do Covid19.

3. INJÚRIAS MECÂNICAS E SUAS CARACTERISTICAS

Segundo Cortez *et al*., (2002), desde o instante em que é colhido até o momento de ser preparado ou consumido, o produto sofre uma série de ações essencialmente mecânicas que, dependendo de sua sensibilidade, poderão causar danos que comprometerão a qualidade final dele.

Nas injúrias mecânicas são analisadas a aparência dos frutos em relação ao seu tamanho, forma, cor e defeitos. Alguns danos podem afetar sua doçura, acidez, adstringência, amargor e aroma. Além disso as injúrias mecânicas causam resíduos nas frutas, mico toxinas e contribuem para crescimento de micro-organismos (Dantas, 2013).

Muitos pesquisadores têm se dedicado ao estudo de injúrias mecânicas em produtos hortícolas, visando a redução de seus efeitos maléficos na qualidade do produto. Existem informações que tais injúrias ocasionam danos irreparáveis em oleáceas, como tomates (Sargent *et al*., 1992).

Dentre as injúrias mais comuns destacam-se as causadas por impacto, compressão e corte. A injúria por impacto é geralmente causada pela colisão do fruto contra superfícies sólidas ou contra outros frutos, durante as etapas de colheita, manuseio e transporte. Ela pode causar danos externos, que são facilmente visualizados na superfície, com a ruptura ou não da epiderme e formação de lesões aquosas, translúcidas e amolecimento (Sanches, 2006).

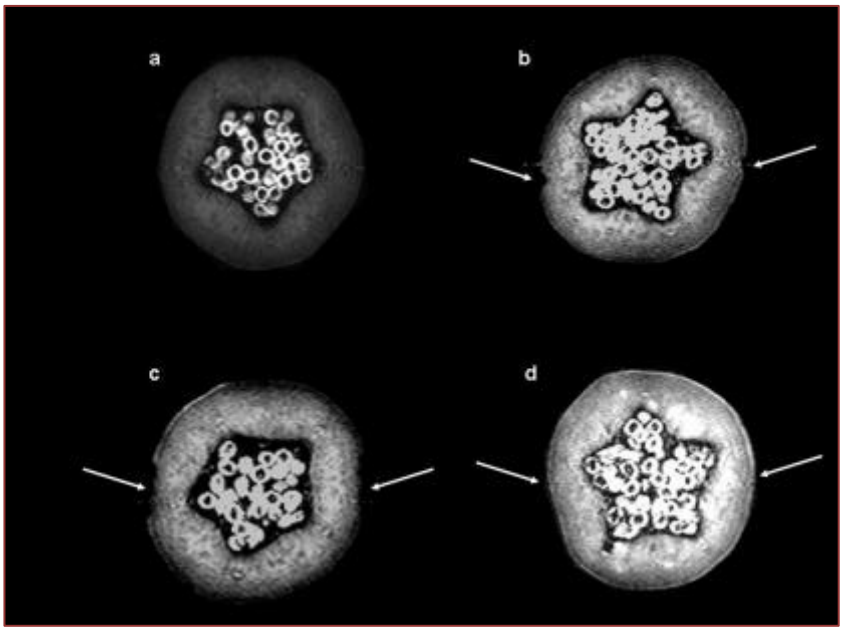
4. ASPECTOS FISICOS DAS INJÚRIAS MECANICAS

Sargent *et al.,* (1998) demonstrou que os danos mecânicos são o principal fator para a perda de qualidade dos principais produtos hortícolas, e são responsáveis por deteriorar a aparência dos frutos. O fruto lesionado passa por transformações como o aparecimento de odores, mudanças de textura da polpa e alterações de cor e sabor.

Godoy *et al*., (2010) realizaram uma pesquisa onde submeteram mamões Golden ao sofrimento de injúrias mecânicas e que, por tomografia de ressonância magnética nuclear, foi possível analisar os danos injúria causados ao fruto.

Na Figura 1 observa-se no item A um mamão saudável para controle, no item B um mamão que sofreu cortes em sua estrutura, no item C um mamão com abrasão e no item D vemos o mamão após sofrer injúrias por impactos. As flechas indicam os lugares mencionados identificando as lesões.

Figura 1 - Mamões Golden após sofrerem injúrias mecânicas



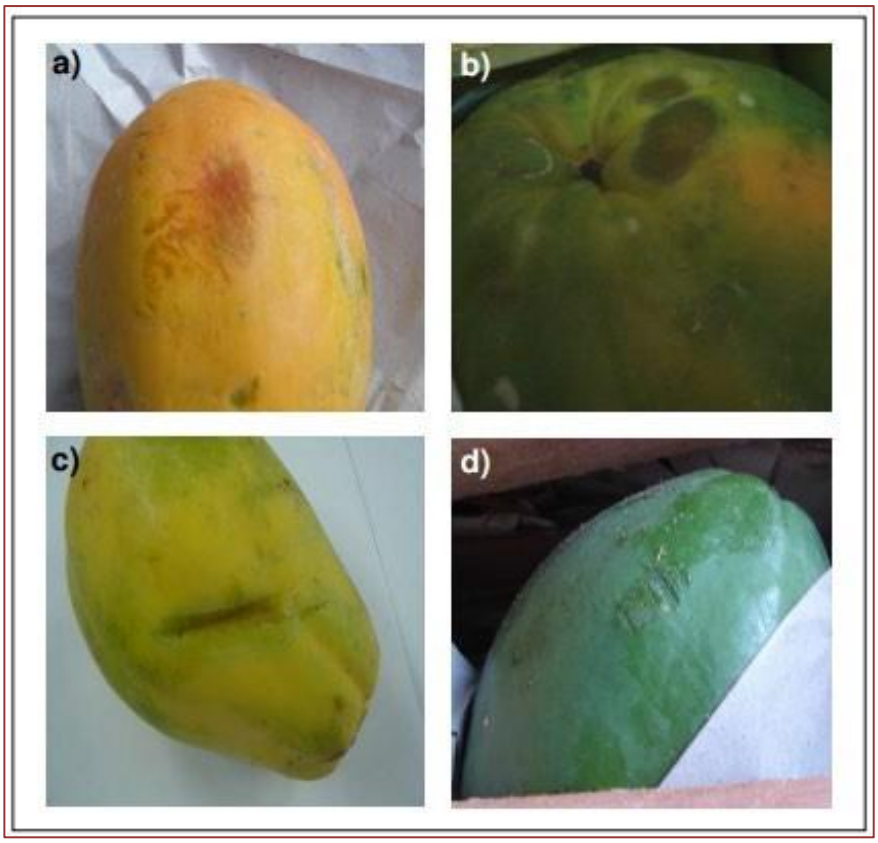
Fonte: (Godoy 2010).

Referindo-se as perdas pós-colheita de frutas, elas não podem ser simplesmente calculadas em termos de volume absoluto. As perdas de qualidade, que reduzem o valor comercial do produto, têm cada vez mais importância na situação atual em que a maior parte do valor final é agregado após a colheita (Bernardes *et al.;* 2003).

Dantas (2013) menciona que os principais processos que ocorrem após a colheita das frutas são respiração, produção de etileno, perda de firmeza, mudança da cor, degradação de ácidos transformação de açúcares, produção de compostos aromáticos e perda de água.

Na figura 2, a imagem A mostra injúrias por amassados, na imagem B injúrias por prensado, na imagem C corte sofrido no Fruto e na imagem D mostra abrasão causado na fruta.

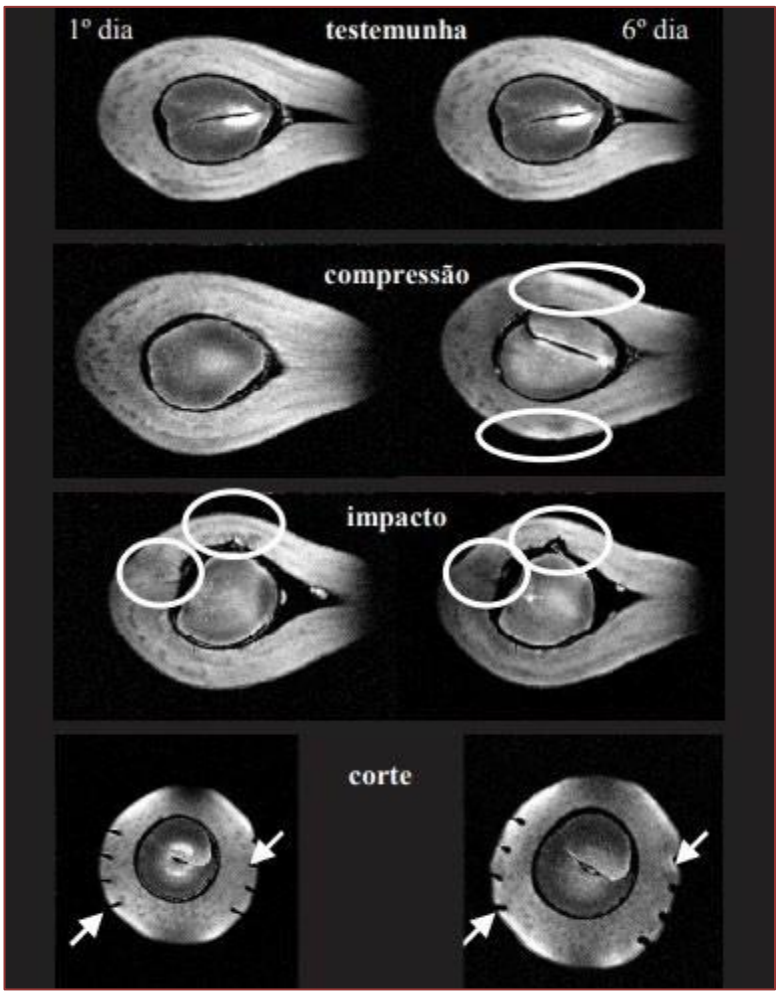
Figura 2 - Mamões Golden injúria após colheita



Fonte: (Godoy *et al.*, 2010).

Sanches (2006) avaliou as injúrias mecânicas, ocasionadas propositalmente em abacates, fazendo uso da ressonância magnética (Figura 3), onde pode ser observado que os danos afetaram a qualidade dos frutos levando à lesões internas.

Figura 3 - Tomogramas de ressonância magnética

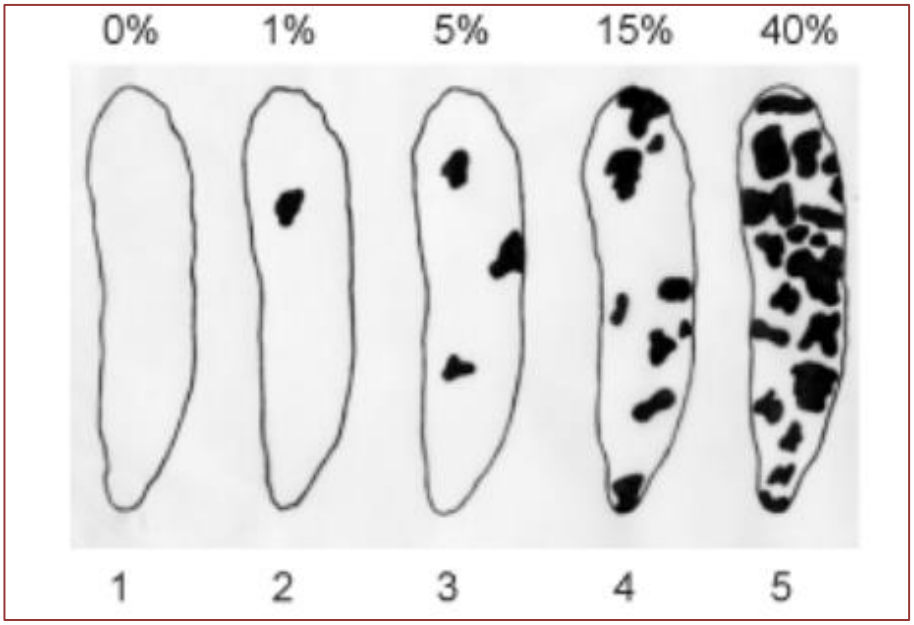


Fonte: (Sanches, 2006).

A imagem na parte superior mostra o abacate sem injúrias para comparação junto aos frutos injúria dos, as flechas na imagem mostram as lesões internas gerados pelo corte, as demais imagens mostram o fruto com injúrias geradas pelo impacto e compressão sofridos no fruto.

Souza (2003) realizou um estudo em mandioquinha salsa em cinco etapas, desde o manuseio pós colheita até a venda, verificando os danos das injúrias mecânicas como abrasão, ruptura parcial, rachadura e quebra das raízes (Figura 4). Souza (2003) segue relatando que o ponto crítico para a incidência de injúrias mecânicas ocorreu entre as etapas beneficiamento atacadista, provavelmente devido à embalagem e ao transporte inadequados.

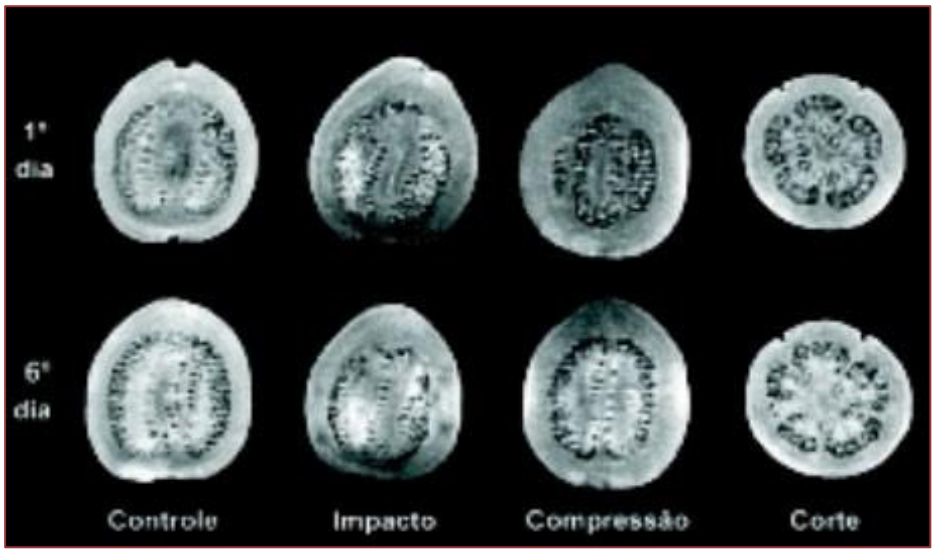
Figura 4 - Injúrias Mecânicas em raízes de mandioquinha-salsa



Fonte: (Souza, 2003).

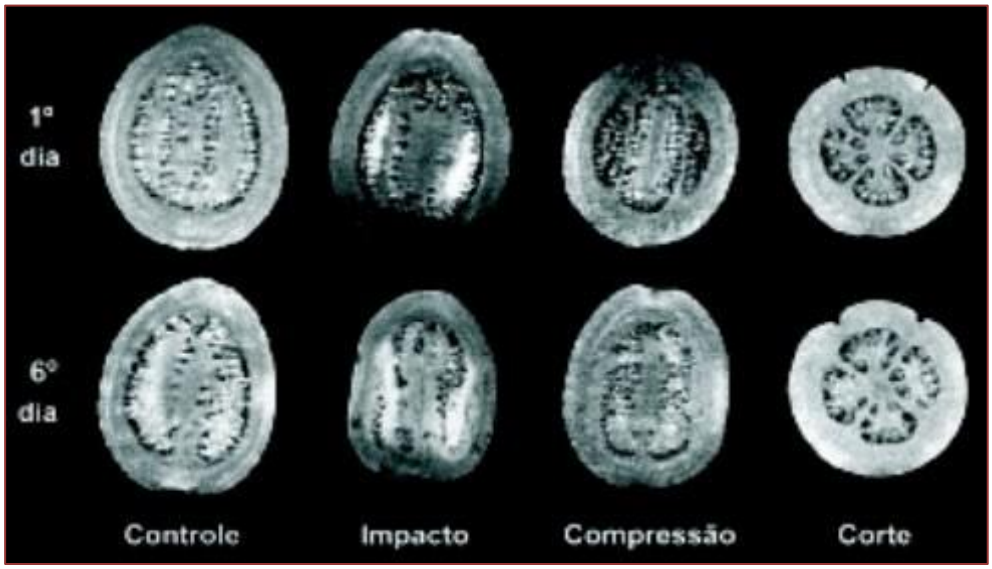
Mattiuz *et al*., (2002) também realizaram uma pesquisa, onde por meio de tomografia de ressonância magnética (Figura 5 e 6), avaliaram os efeitos das injúrias mecânicas em goiabas do tipo Paluma e Pedro Sato, as quais sofreram injúria por impacto, por compressão e por corte.

Figura 5 - Tomogramas de ressonância magnética nuclear de goiabas paluma



Fonte: (Mattius *et al*., 2002).

Figura 6 - Goiabas Petro Sato submetidas a três tipos de injúrias mecânicas



Fonte: (Mattius *et al.,* 2002).

Mattiuz *et a*l., (2002) concluíram que a cultivar Pedro Sato mostrou suscetibilidade maior à injúria por impacto que a Paluma. A injúria por compressão tornou-se mais evidente no pericarpo externo do fruto, de ambas as cultivares. A injúria por corte levou a lignificação dos tecidos no local injúriado e deformações superficiais devido à perda acentuada de matéria fresca no local da lesão, evidentes no sexto dia de avaliação. Relatam ainda que o estresse físico causado pelo impacto produziu um colapso interno nos lóculos desses frutos, levando à perda da integridade celular e a consequente liquefação dos tecidos placentários.

5. AUMENTO DO CONSUMO DE FRUTAS E HORTALIÇAS

Diversas pesquisas mostram que os hábitos de consumo se deslocam no sentido da preferência por qualidade em um sentido amplo, considerando, além dos aspectos intrínsecos ao produto, questões relacionadas à logística, à sanidade e a impactos sociais e ambientais gerados a partir dos processos produtivos (Souza *et al.,* 2008).

Freire (2012) relata que alimentação saudável é aquela constituída por três grupos de alimentos: alimentos com alta concentração de carboidratos complexos, como grãos (incluindo arroz, milho e trigo), pães, massas, tubérculos (como batatas e inhame) e raízes (como a mandioca); as frutas, legumes e verduras e os alimentos vegetais ricos em proteínas (particularmente os cereais integrais, as leguminosas, as sementes e castanhas).

O comportamento alimentar é composto por uma série de práticas alimentares e de aspectos subjetivos que influenciam a escolha e compra de alimentos (Cananesqui e Garcia, 2005).

Sugestionado pelo desejo de se alimentar melhor, o consumidor brasileiro passou a consumir mais frutas e verduras. Essa conscientização, dos benefícios nutricionais da ingestão das mesmas, vem fortalecendo o comércio de alimentos, principalmente o de

frutas no Brasil, que é o terceiro maior produtor mundial, ostentando uma produção anual de 34 milhões de toneladas (Barros *et al*., 2007).

Carvalho (1998) estudou o processo de tomada de decisão de compra de um mercado consumidor do setor frutícola, caracterizando influências nas fases de pré-compra, compra e pós-compra de frutas. Os atributos de qualidade das frutas foram considerados na avaliação de alternativas da fase de antes da compra.

Uma pesquisa de marketing foi realizada para identificar o perfil do consumidor de frutas frescas da cidade de Lavras-MG, observando que a qualidade das frutas e o preço constituíram os critérios mais relevantes relacionados aos produtos no momento da compra (Seabra, 2021).

Estudos sobre o comportamento do consumidor contribuem para a compreensão de como funciona as decisões de compra e o processo de geração de valor para o consumidor. (Perosa *et al*., 2012).

O desperdício de frutas e hortaliças ocorre desde a semeadura até a aquisição do alimento pelo consumidor. Os hábitos de consumo que dão preferência a padrões estéticos e excluem da cadeia alimentos "imperfeitos", contribuem para esse desperdício e geram consequências sociais, econômicas e ambientais.

Segundo Luengo et al (2003) de uma maneira geral, as injúrias mecânicas estressam o vegetal, causam aumento da produção de etileno e distúrbios relativos à compartimentação celular. Há ainda aumento na taxa respiratória e na velocidade de deterioração e redução da vida pós-colheita do vegetal que foi submetido à injúria mecânica. Os danos mecânicos, além de prejudicar a aparência do produto diretamente, diminuindo o seu valor comercial, constituem-se na principal via de penetração de agentes patogênicos, que causam deterioração e perda do alimento (Luengo *et al*., 2003).

6. CARACTERISTICAS LEVADAS EM CONTA PELO CONSUMIDOR NA HORA DA COMPRA

Gonçalves (1998) relatou que, além da qualidade das frutas, representada pelos atributos aparência, textura, frescor e sabor, o consumidor considera o preço um critério relevante no momento da compra.

Estudos revelam que os consumidores que preferem comprar hortifrutícolas em hipermercados atribuem essa opção de varejo a fatores como: localização, estacionamento, preço, apresentação do produto limpo, limpeza do ambiente, segurança pessoal, rapidez das compras e variedade de produtos de outros segmentos (Fonseca; Silva; Salay, 1999).

Perosa *et al.,* (2012), em um trabalho realizado no interior do Estado de São Paulo, os parâmetros afirmados como as razões para o consumo de frutas estão ligados ao sabor, à saúde e à qualidade da fruta e, ainda, ao local onde são adquiridas, além do preço, influenciam muito na hora da compra).

Devido ao crescente impulso dos meios de comunicação e campanhas sobre uma vida mais saudável, os consumidores estão mais bem informados e, portanto, mais exigentes com relação à qualidade e à inocuidade. As respostas dessa questão corroboram a tendência de cada vez mais valorizar a qualidade, para a definição de compra dos produtos (Farias *et al*., 2014).

De acordo com os dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, da Esalq/USP, a região Sul do Brasil é a que mais consome frutas. Junto com a banana e a laranja, o consumo de melancia e de maçã vem crescendo em todo o Brasil. Estas frutas são as mais populares, relativamente baratas frente às demais, disponíveis praticamente todo o ano e encontradas na maioria dos estabelecimentos do País. São frutas que agradam e são acessíveis a todas as classes de renda, no mundo inteiro (Farias *et al*., 2014).

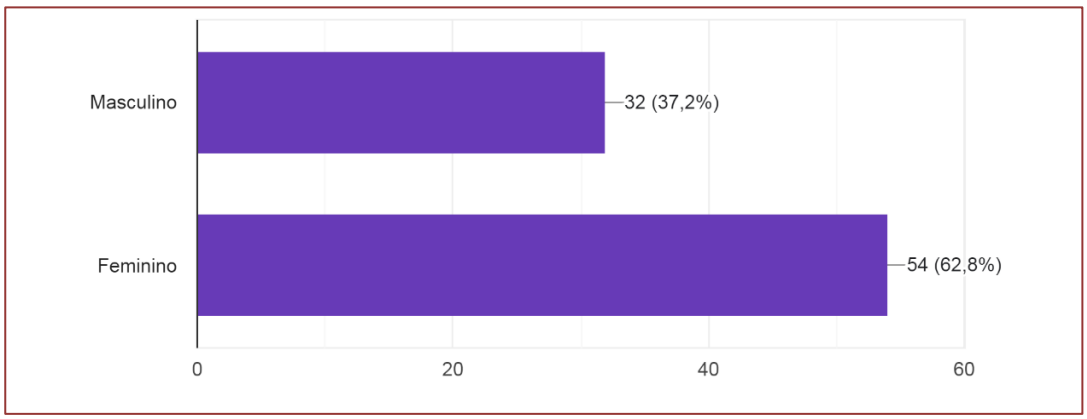
7. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A pesquisa realizada foi respondida por oitenta e seis pessoas as quais receberam perguntas relacionadas a frutas e hortaliças com opção de respostas definidas como baixa, média e alta relevância na hora da comprar. As demais perguntas foram referidas a idade e sexo com opção obrigatória de resposta, quanto ao nome dos participantes a resposta era opcional.

O questionário foi enviado por meio de link por mensagens em redes sociais e ficou em aberto por um período de sete dias na plataforma do *google forms*. Após o encerramento do questionário, gráficos foram gerados evidenciando as escolhas do consumidor.

A Figura 7 apresenta a porcentagem de homens e mulheres que participaram da pesquisa.

Figura 7 - Porcentagem de homens e mulheres que participaram da pesquisa

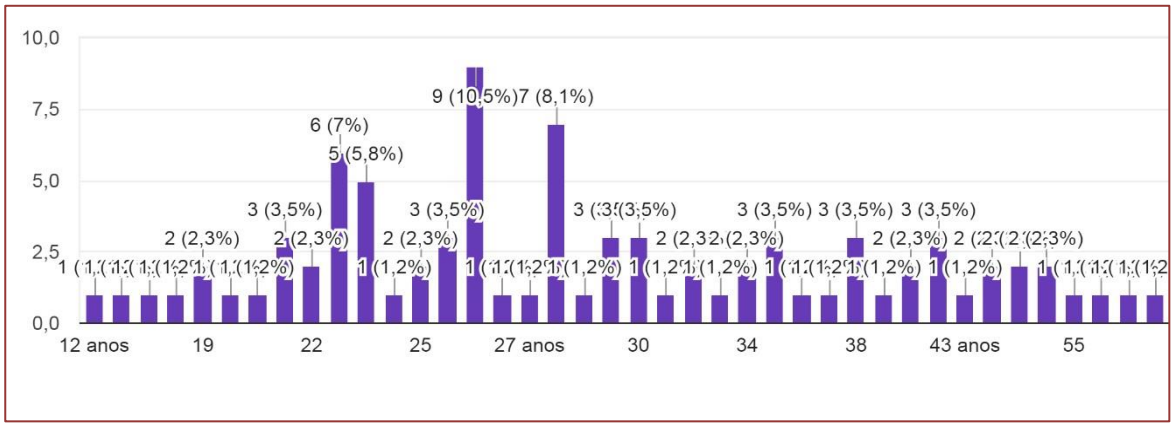


Fonte: Autor (2022)

Os dados mostraram que 65,1% são do sexo feminino e 34,9% são do sexo masculino. As idades variaram de dezenove anos até sessenta e cinco anos. Levando em consideração a faixa de idade compreende que as pessoas que responderam o questionário estão na faixa adulta de vida. e, possivelmente preenchem os requisitos de um consumidor que realiza a escolha das mercadorias na hora da compra.

Na figura 8 é possível observar a faixa etária dos participantes.

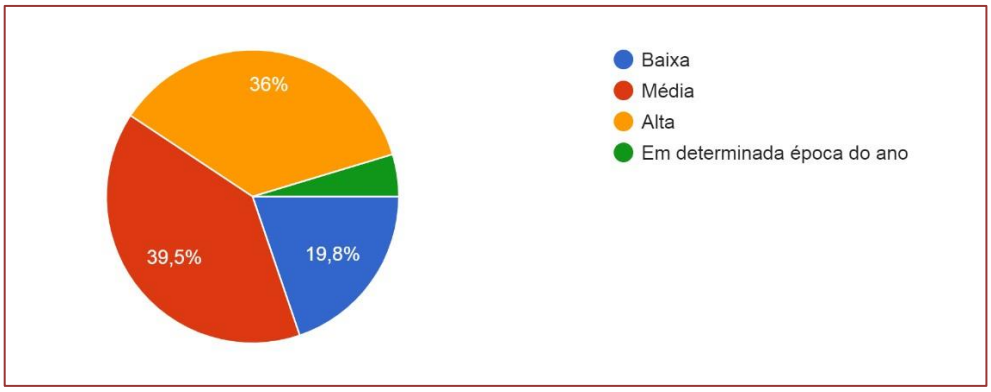
Figura 8 Gráfico com as idades dos entrevistados



Fonte: Autor (2022).

A Figura 9 apresenta o consumo de frutas e hortaliças pelos entrevistados.

Figura 9 Consumo de frutas e hortaliças

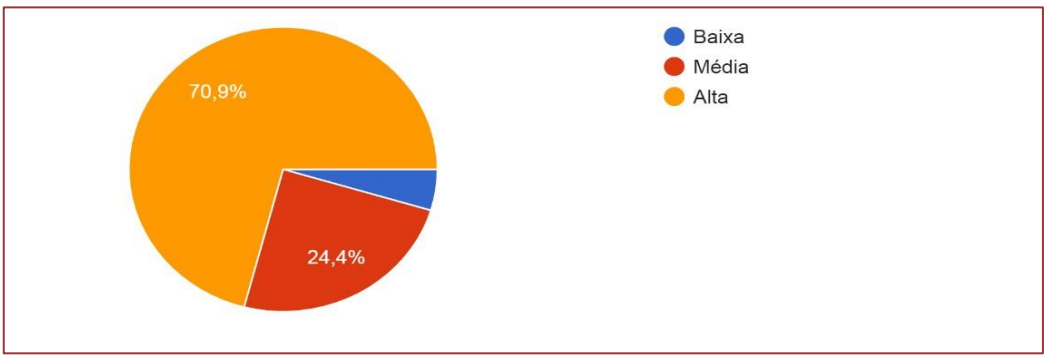


Fonte: Autor (2022).

Dos entrevistados que compram e consomem frutas e hortaliças 19,8% compram com baixa frequência, 39,5% compram com média frequência e 36% costumam comprar com alta frequência. Ainda, entre os entrevistados que consomem e compram o produto, um percentual de 4,7% de pessoas que responderam destacaram que consomem frutas e hortaliças apenas em uma determinada época do ano, dados que podem referir-se as frutas climatéricas.

A Figura 10 apresenta resultados sobre a influência da cor na hora da compra de frutas e hortaliças.

Figura 10 - Influência da cor na hora da compra



Fonte: Autor (2022).

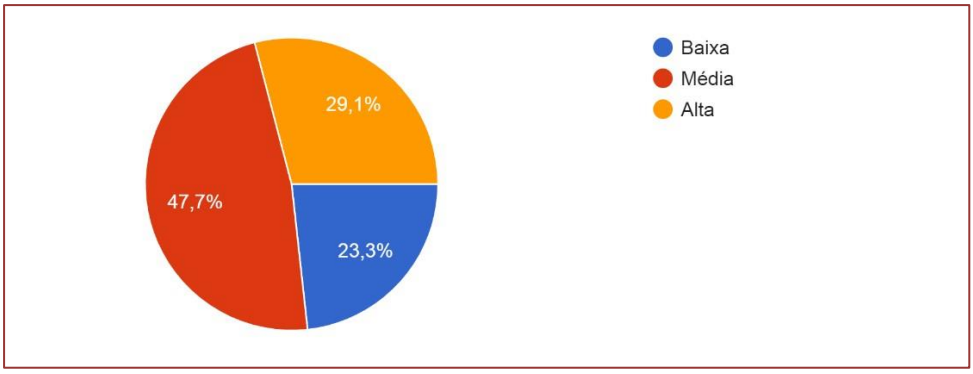
Pode-se observar (Figura 10) que a cor do produto está entre uma das características de maior importância, sendo levada em consideração na hora da compra; Para 4,7% dos entrevistados a cor tem baixa relevância, já para 24,4% a relevância é média e para 70,9% dos consumidores a cor do produto tem alta relevância na hora da compra.

Segundo Onoyama et al. (2010) cita em seu trabalho, na pesquisa realizada pela ABRAS sobre frutas e hortaliças em 1998, foram identificados oito estratos socioeconômicos: "o valor nutricional, a qualidade e o sabor foram apontados como fundamentais para a decisão de compra". Os atributos que mais influenciam na decisão de compra de alimentos frescos são: sabor ou aroma, textura e aparência, uma vez que os consumidores se baseiam no visual e no que aparentam ter gosto bom.

Referente ao preço, na figura 11, pode ser observado na hora da compra 23,3% consideram o item de baixa relevância, 47,7% consideram de média importância e 29,1% considera alta a importância do valor de compra.

Kotler (2006) comenta que para um cliente estar satisfeito depende do desempenho do produto ofertado em relação às expectativas do comprador. O cliente se baseia na sua satisfação, pois se o produto oferecido fica abaixo de suas expectativas, ele é considerado insatisfeito. Mas, se as expectativas estão acima do desejado é considerado um cliente satisfeito.

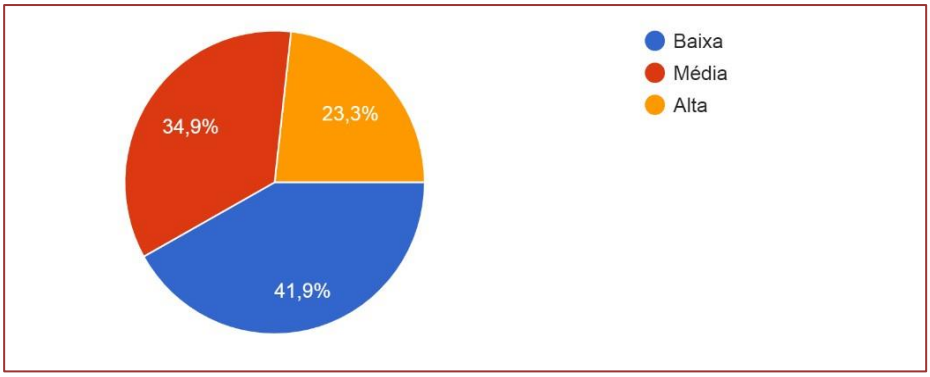
Figura 11 - Influência do preço na hora da compra



Fonte: Autor (2022).

Quanto a embalagem (Figura 12), 41,9% consideram de relevância baixa, 34,9% consideram de média relevância e 23,3% consideram um item de alta relevância na hora de comprar o produto.

Figura 12 Influência da embalagem na hora da compra

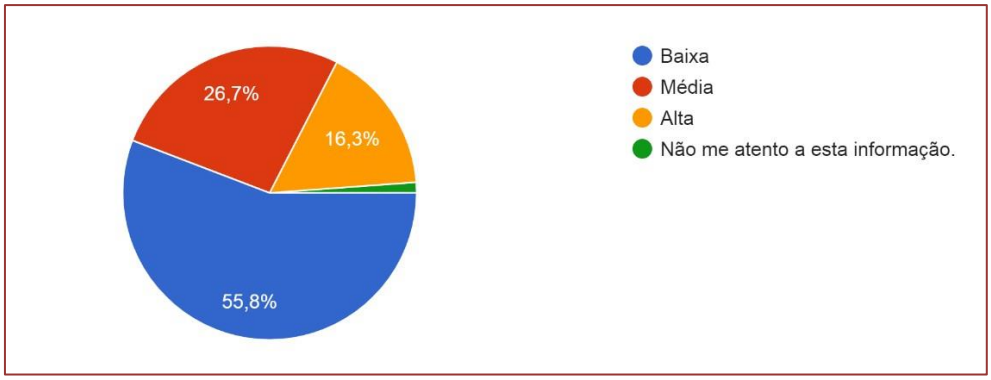


Fonte: Autor (2022).

Em um estudo realizado por Dantas *et a.,l (*2005), mostraram que houve maior intenção de compra para a embalagem com a característica "sem produtos químicos" e preço baixo. A embalagem com a indicação "produto orgânico" obteve maior intenção de compra quando apresentou preço baixo e baixa intenção de compra para o preço alto, indicando que o consumidor não está disposto a pagar mais pelo produto orgânico.

Em relação ao uso de agrotóxico, na Figura 13, foi notório que 55,8% não consideram uma característica importante na hora da compra tendo assim baixa relevância, 26,7% consideram relevância média e 16,3% têm como alta relevância. Uma pequena parte, 1,2% mostraram não estar atento a esta questão na hora da compra.

Figura 13 - Influência do agrotóxico na hora da compra



Fonte: Autor (2022).

Vinha (2013) menciona que no Brasil, existem cerca de 1000 princípios ativos e mais de 8.000 formulações comerciais de agrotóxicos, classificados quanto a sua ação e ao grupo

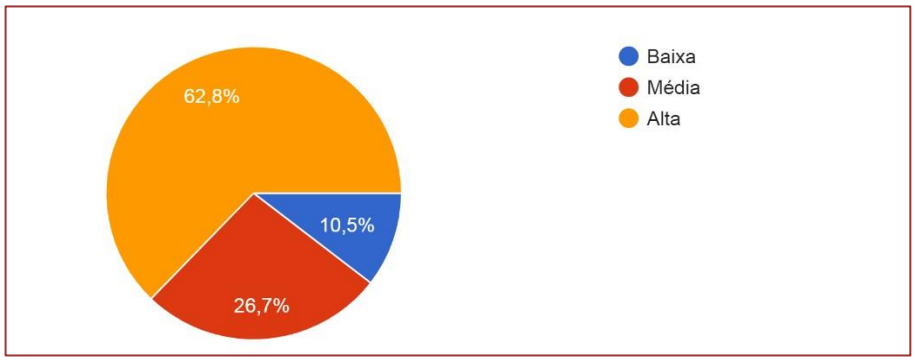
químico ao qual pertencem. Este mesmo autor afirma que os agrotóxicos são classificados quanto à ação em inseticidas, fungicidas, herbicidas e outros grupos.

Os inseticidas possuem ação de combate aos insetos, larvas e formigas. Pertencem aos grupos químicos: organofosforados, carbamatos, organoclorados epiretroides. Os organofosforados são compostos orgânicos derivados do ácido fosfórico, do ácido tiofosfórico ou do ácido ditiosofosfórico. Exemplos: Folidol, Azodrin, Malation, Diazinon, Nuvacron, Tamaron, Rhodiatox. No Brasil, são muito usados na fruticultura e responsáveis pelo maior número de intoxicações agudas e mortes registradas. Esse grupo químico acumula acetilcolina nas sinapses nervosas, o que desencadeia uma série de efeitos paras simpaticomiméticos, podendo causar neurotoxicidades e neuropatias periféricas tardias (Vinha, 2013).

Além das características acima, segundo Sanches (2003), a presença de resíduos de agrotóxicos em concentrações acima daquelas internacionalmente aceitas prejudica o comércio interno e externo de produtos agrícolas, incluindo frutas e hortaliças, com a rejeição dos alimentos contaminados, o que acarreta grandes prejuízos econômicos.

Na Figura 14 é possível observar que a vida de prateleira do produto tem alta relevância, 62,8% dos consumidores escolhem o produto dando alta relevância a este item, 26,7% consideram de média importância e 10,5% acham que o item não é importante sendo de baixa relevância.

Figura 14 Influência da vida de prateleira na hora da compra



Fonte: Autor (2022).

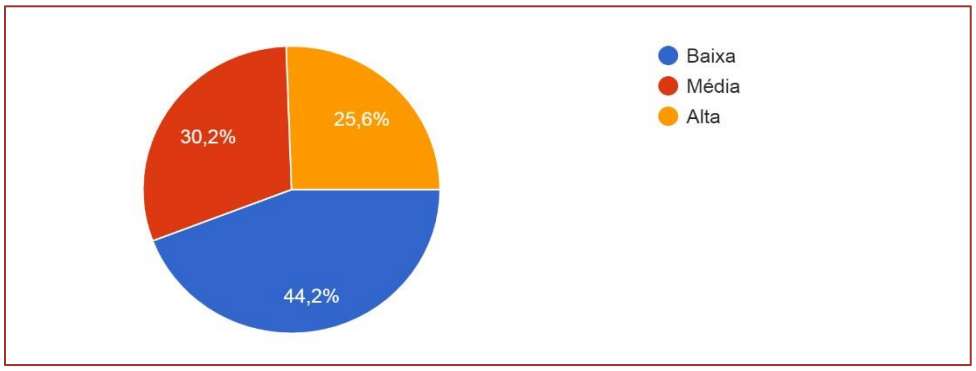
Como citado por Cenci *et al., (*2011) as preocupações relacionadas às frutas e hortaliças minimamente processadas estão voltadas à garantia da vida útil, à necessidade de um controle rígido de temperatura e de embalagem, à higiene e sanitização eficientes dos produtos, bem como à manutenção da qualidade do produto em relação ao sabor, ao aroma e ao valor nutricional. Portanto, a tecnologia requer o processamento mínimo e métodos de conservação, como temperaturas de refrigeração e embalagens com atmosfera modificada, isto é, refrigeração e embalagens adequadas.

A Figura 15 ilustra a influência das características nutricionais na hora da compra, mostrando que 25,6% consideram de alta relevância, 30,2% selecionaram a opção "média" e 44,2% consideram de baixa importância.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) tem incentivado em todo o mundo campanhas

de estímulo ao consumo de hortaliças e frutas. Esses alimentos são importantes para a composição de uma dieta saudável da população, já que apresentam uma densidade energética baixa e são ricos em micronutrientes, fibras e outros elementos fundamentais ao organismo (Lima, 2016).

Figura 15 Influência das características nutricionais na hora da compra



Fonte: Autor (2022).

8. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As informações nutricionais são de grande importância, já que indicam quais e em que quantidades determinadas nutrientes estão presentes no produto, sendo indispensável sua observação para grupos específicos de consumidores, como por exemplo, hipertensos, que necessitam de dieta com baixíssima oferta de sódio (Abreu, 2011).

Referente as injúrias mecânicas (Figura 16), pode-se observar notoriedade que ao comprar frutas e hortaliças esta característica se faz presente na hora da escolha. Cerca de 86% dos entrevistados relataram que esta opção de escolha tem alta relevância ao comprar o produto, 12,8% acham de importância média e apenas 1,2% acham de baixa relevância. Dados que comprovam a importância das características geradas pelas injúrias mecânicas. Essas injúrias mecânicas enfraquecem e destroem as defesas naturais de frutas, servindo de porta de entrada para os microrganismos causadores de podridões pós-colheita. Além disso, estimulam as taxas de respiração e transpiração e a produção de etileno, tornando, assim, o fruto murcho, acelerando o seu amadurecimento e reduzindo a sua vida útil pós-colheita (Kader, 1992).

As injúrias fazem com que a evaporação de água também fica aumentada, a evolução do etileno da parte ferida pode desencadear o amadurecimento dos frutos injúria dos e/ou frutos saídos próximos. As injúrias mecânicas podem ocorrer em qualquer ponto da cadeia de comercialização, desde a colheita até o consumo. Aparecem sob a forma de abrasões, cortes, rupturas ou amassamentos, podendo ser superficiais ou penetrar profundamente no produto, sendo o último de difícil identificação, pois a superfície externa pode permanecer na íntegra. (Lima, 2016).

Para Hashim (1996, o comportamento do consumidor multidisciplinar, o uso de pesquisas qualitativas tem gerado resultados interessantes sobre a percepção do produto, assim como sua aceitação ou rejeição, uma vez que elas permitem a obtenção de

informações detalhadas sobre atitudes, opiniões, comportamentos e hábitos os participantes.

Em uma pesquisa realizada por Costa (2018), referente aos critérios considerados na escolha dos produtos, mostrou que 37% consideram majoritariamente a textura do produto, outros 29% consideram a cor, 15% escolhem como critério de escolha o odor dos produtos, somente 12% levam em consideração os preços e 7% visam o tamanho do produto.

Com os resultados obtidos com a pesquisa atual, realizada no ano de dois mil e vinte e dois, podemos comparar os dados com a pesquisa realizada por Costa (2018) e observar que o preço não é tão relevante nos dias atuais, mas características como as injúrias mecânicas, aspectos de cor, saúde nutricional e em alguns casos o uso de agrotóxicos estão entre os fatores de compras exigidos pelo consumidor na hora de escolher o produto final.

Uma solução viável para reduzir o desperdício dessas frutas e hortaliças injuriadas seria utilizar métodos de exposição das frutas em lugares adequados de temperatura, em câmaras frias por exemplo, para as frutas que podem ser armazenadas em ambiente resfriado, onde as frutas são separadas por categorias para que as características fisiológicas de uma fruta não alterem as da outra evitando assim o amadurecimento precoce que ocasiona perdas desnecessárias destes produtos.

As embalagens também podem atenuar o desperdício pois evita que haja contato do consumidor evitando as injúrias nos produtos.

Observando-se os índices elevados do consumo de frutas e hortaliças realizou-se uma análise com as características de consumo da população e os motivos em alguns casos das desistências de compra de determinados produtos.

A plataforma utilizada para realizar a presente pesquisa foi de grande significância pois mostrou grande eficácia para alcançar as respostas desejadas.

Alguns autores referenciados neste trabalho demonstraram em suas pesquisas que o preço era o principal fator levado em consideração na compra de frutas e hortaliças, porém após realizar a pesquisa, além dos aspectos regionais (climatéricos e não-climatéricos) e financeiros, atualmente as injúrias mostraram maior relevância na hora da decisão final.

Obteve-se resultado satisfatório ao encerrar a pesquisa, os gráficos gerados com os resultados dos entrevistados confirmaram que após o manuseio inadequado dos frutos geram- se características que interferem de maneira notória e significativa no produto deixando de ser consumido

Como dito por Mohsenin, (1986), essas características levam a modificações físicas e alterações fisiológicas, químicas e bioquímicas que modificam a cor, o aroma, o sabor e a textura. Também se notou que a cor tem grande relevância na hora do consumidor selecionar o produto, o aspecto saudável da fruta é imprescindível nessa hora. Também foi observado que o preço atualmente não possui tanta relevância na hora da escolha do consumidor.

Por fim evidenciou-se assim como na premissa desde Trabalho de Conclusão de Curso, que a injúria mecânica nas frutas é atualmente o principal fator levado em consideração no momento da compra e consumo delas.

REFERÊNCIAS

[1] ALMEIDA, D. P. F. **Melancia**. Portugal: Faculdade de Ciências, Universidade do Porto. 2003.

[2] ALMEIDA, D. - **Manual de culturas hortícolas.** 1ª edição. Lisboa: Editorial presença, ISBN 972-23-3568-5. p 195-219, 2006.

[3] AMBROZIO, L.A., NAGAI, H. **Sazonalidade dos preços das classes de tomate no atacado em São Paulo, nos períodos de 1983/1986 e 1987/1990**. Horticultura Brasileira: Brasília, DF: v.9, n.1, p.30, 1991.

[4] BARROS, M. A. B.; LOPES, G. M. B.; WANDERLEY, M. de B. **Tipologia do consumo de frutas: um estudo sobre o comportamento do consumidor de banana**. Revista Produção Online, Florianópolis: Edição especial, dez. 2007.

[5] CAMPOS, Claudia Guimarães Camargo, **Padrões climáticos atuais e futuros de temperatura do ar na Região Sul do Brasil e seus impactos nos cultivos de pêssego e de nectarina em Santa Catarina**, São José dos Campos, 2011.

[6] CANESQUI AM, RWD, Garcia. **Antropologia e Nutrição: um diálogo possível.** Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2005.

[7] CECCATO, C.; BASSO, C. **Avaliação das perdas de frutas, legumes e verduras em supermercado de Santa Maria** – RS: Disc. Scientia - Série: Ciências da Saúde, Santa Maria, v. 12, n. 1, p. 127-137, 2011.

[8] CENCI, Sergio Agostinho. **Processamento mínimo de frutas e hortaliças: tecnologia, qualidade e sistemas de embalagem**, 2011.

[9] CORTEZ, L. A. B.; HONÓRIO, S. L.; NEVES FILHO, L. de; MORETTI, C. L. **Importância do resfriamento para frutas e hortaliças no Brasil.** In CORTEZ, L. A. B.; HONÓRIO, S. L.; MORETTI, C. L. (Ed). **Resfriamento de frutas e hortaliças**. Brasília: DF: Embrapa Informação Tecnológica, Embrapa Hortaliças, p. 18-35, il, 2002.

[10] DANTAS, A. **Fisiologia do desenvolvimento dos frutos**; 2013.

[11] DURIGAN M. F. B.; MATTIUZ, B. H. **Injúrias mecânicas e seus efeitos na qualidade de melancias armazenadas em condição ambiente**. Horticultura Brasileira, Brasília: v. 25, n. 2, p. 296-300, 2007.

[12] FARIAS, Roseli de Mello, et al. **Comportamento do consumidor de frutas na região da fronteira oeste do Rio Grande Do Sul com Argentina e Uruguai**. Revista Brasileira de Fruticultura 36 , 872-883, 2014.

[13] FREIRE, Maria do Carmo Matias, et al. **Guias alimentares para a população brasileira: implicações para a Política Nacional de Saúde Bucal**. Cadernos de Saúde Pública 28 s20- s29, 2012.

[14] GIRARDI, C. L.; PARUSSOLO, A.; DANIELI, R.; CORRENT, A. R.; ROMBALDI, C. V.

[15] **Conservação de caqui (Diospyros kaki, L.), cv. Fuyu, pela aplicação de 1- metilciclopropeno**. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal: v. 25, n. 1, p. 54-56, 2003. GODOY, Ana Elisa de et al. **Injúrias mecânicas e seus efeitos na qualidade de mamões Golden**. Revista Brasileira de Fruticultura 32, 682-691, 2010.

[16] GONÇALVES, J. R. A. **O consumidor de frutas frescas da cidade de Lavras-MG**. 1998. 122f. Dissertação (Mestrado em Administração Rural) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.

[17] GOOGLE. Clear Google Drive space & increase storage, 2017.

[18] GUIÃO, E.P. **A cultura da pereira**. São Paulo: ABC do Lavrador Prático, 2. ed., 31p., 1964. LUENGO, Rita de Fátima A., et al. **Avaliação da compressão em hortaliças e frutas e seu emprego na determinação do limite físico da altura da embalagem de comercialização.** Horticultura Brasileira 21, 704-707; 2003

[19] MARTINS, Fernanda Adorno. **Google forms como ferramenta de apoio: experiência docente em meio à pandemia corona vírus**. Anais do CIET: EnPED: 2020, Congresso Internacional de Educação e Tecnologias| Encontro de Pesquisadores em Educação a Distância, 2020.

[20] MARTINS, Maria Eugénia Graça. **Amostra aleatória simples** , 2018.

[21] MARTINS, V. A.; MARGARIDO, M. A.; BUENO, C. R. F. **Alteração no perfil de compras de frutas,**

legumes e verduras nos supermercados e feiras livres na cidade de São Paulo. Informações econômicas. São Paulo: v. 37, n. 2, fev., 2007.

[22] MATTIUZ, Ben-Hur; BISCEGLI, Clovis Isberto; DURIGAN, José Fernando. **Aplicações da tomografia de ressonância magnética nuclear como método não-destrutivo para avaliar os efeitos de injúrias mecânicas em goiabas' Paluma'e'Pedro Sato'.** Revista Brasileira de Fruticultura: v. 24, p. 641-643, 2008.

[23] PADOVANI, M. I. **Morango: o delicado e saboroso fruto da integração dos povos**. São Paulo: Ícone, 68p. (Coleção Brasil Agrícola), 1991.

[24] PASSADOR, J. L. et al. **Desempenho de vendas no varejo: Estudo de percepção dos consumidores sobre distintos formatos de comercialização de frutas, legumes e verduras**. Bauru, São Paulo: p. 1-7, nov, 2006.

[25] PELEG K; HINGA S. **Stimulation of vibration damage in produce transportation. Transactions of ASAE** 29: 633-641. SAS Institute Inc. 1999. SAS System for Microsoft Windows: release 8.02, Cary, NC, USA, 1986.

[26] PEROSA, José Matheus Yalenti, et al. **Perfil do consumidor de frutas em cidades do interior do estado de São Paulo-SP**. Revista Brasileira de Fruticultura 34 1084-1090, 2012 SANCHES J. **Efeito de injúrias mecânicas na qualidade pós-colheita de abacates**. Tese Doutorado em Produção Vegetal. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, Brasil, 2006.

[27] SANCHES, Juliana. **Efeito de injúrias mecânicas na qualidade pós-colheita de abacates**, viii-126, 2006.

[28] SARGENT, S.A.; BRECHT, J.K.; ZOELLNER, J.J. S **Sensitivity of tomatoes acti nature green and breaker ripeners stages to internal bruising.** Journal of the American society for horticultural science, Alexandria, v. 117, np1, p.119-123, 1992.

[29] SARGENT, S. A; RITENOUR, M. A; BRECHT, J. K.; Handling, **Cooling and Sanitation Techniques for Maintaining Postharvest Quality**. [S. 1.]: Florida: Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, 1998. SEABRA, Camila Costa de. **Aspectos mercadológicos das madeiras do bioma caatinga para produção de pequenos objetos,** 2021.

[30] SOUZA, R. S. et al. **Comportamento de compras dos consumidores de frutas, legumes e verduras na região central do Rio Grande do Sul**. Ciência Rural, Santa Maria: v. 38, n. 2, p. 511-517, mar./abr , 2008.

[31] SOUZA, R.S.; ARBAGE, A.P.; NEUMANN, P.S.; FROEHLICH, J.M.; DIESEL, V.;

[32] SOUZA, Renato Santos de et al. **Comportamento de compra dos consumidores de frutas, legumes e verduras na região central do Rio Grande do Sul**. Ciência Rural 38, 511-517, 2008.

[33] SOUZA, Roberto Marques, HENZ, Gilmar Paulo, and PEIXOTO, José Ricardo. **Incidência de injúrias mecânicas em raízes de mandioquinha-salsa na cadeia de pós-colheita**. Horticultura Brasileira 21: 712-718, 2003.

Capítulo 8

Coacervação complexa de extrato de soja e amido de mandioca modificado para encapsulamento de óleo de canola

Amanda Batista Nascimento
Rachel Menezes Castelo
Luana Carvalho da Silva
Joana de Barros Alexandre
Roselayne Ferro Furtado

Resumo: Os ácidos graxos insaturados são mais suscetíveis à oxidação lipídica, o que afeta negativamente importantes características nutricionais e sensoriais, como cor, aroma, sabor e textura. A concentração de óleo de canola dentro das microcápsulas de amido modificado e extrato de soja e o pH foram otimizados para a formação de partículas. Dois métodos de secagem de microcápsulas (liofilização e forno) foram avaliados neste trabalho. As microcápsulas de óleo de canola foram caracterizadas por análise de solubilidade, eficiência de encapsulamento, espectroscopia de absorção de infravermelho, análise térmica e morfologia. O rendimento das microcápsulas formadas em pH 5,0 foi de 50,56% e 46,00% para as microcápsulas secas por liofilização e forno, respectivamente. A eficiência de encapsulamento do óleo de canola foi de 92,22% (pH 4/1g de óleo) e 85,95% (pH 5- 0,5 g de óleo), ambos secos por liofilização e os tamanhos das partículas variaram entre 2,38 µm (pH 5 - 0,5g de óleo) e 2,88 µm (pH 4 - 0,5g de óleo). Os métodos de secagem influenciaram a integridade das partículas, indicando a liofilização como o método mais adequado. As microcápsulas secas por liofilização apresentaram menor solubilidade, variando de 18,9% (1g/pH 4,0) a 20,9% (0,5g/pH 4,0), e menor capacidade de inchaço. Essas microcápsulas podem ser usadas em aplicações futuras que envolvam aquecimento a 75°C por 24 horas.

Palavras-chave: Microencapsulação, coacervação complexa, óleo de canola, amido, extrato de soja.

1. INTRODUÇÃO

O óleo de canola é rico em compostos bioativos, como ácidos graxos insaturados, β-(caroteno), ácido linolênico (18:3, ω-3), ácido oleico (18:1, ω-9), vitamina E (tocoferol), polifenóis, com propriedades antioxidantes, anti-inflamatórias, antibacterianas e antivirais atribuídas ao óleo (Ruiz et al., 2017). Esse óleo é frequentemente subutilizado em frituras, mas poderia ser adicionado a alimentos, como pão, suco de frutas, leite, iogurte e carne, para enriquecê-los nutricionalmente. Estudos com essa finalidade têm sido realizados utilizando a coacervação complexa, uma técnica para formar microcápsulas de óleo. Gonçalves et al. (2017) encapsularam óleo essencial de tomilho em gelatina e goma arábica (material de parede) para aplicação em bolos. Heck et al. (2019) encapsularam óleos de chia e de linhaça em carragenina e polissorbato (material de parede) para produzir hambúrgueres. Silva et al. (2022) encapsularam com sucesso o óleo de pequi em goma de caju/quitosana e goma de caju/gelatina (material de parede) para aumentar o valor nutricional do iogurte.

Os óleos com alta porcentagem de insaturações e vitaminas são mais suscetíveis à oxidação durante o período de armazenamento ou a outras reações quando presentes em uma formulação de alimentos. Portanto, é desejável adotar métodos de processamento que resultem em produtos estáveis e preservados. Além disso, a dificuldade de trabalhar com o óleo diretamente em uma base alimentar solúvel em água pode dificultar a aplicação em alguns alimentos. O encapsulamento também é desejável desse ponto de vista tecnológico, pois visa a superar a incompatibilidade química entre os diferentes ingredientes da fórmula (Jones; Mcclements, 2010).

A coacervação complexa é uma técnica de encapsulamento que utiliza a interação entre dois polímeros com cargas elétricas opostas, em que um complexo entre esses polímeros é formado em torno de outro material disperso (núcleo) (Zuanon et al., 2013). O agente encapsulante torna-se, então, uma embalagem natural, fornecendo proteção contra danos causados pelo meio ambiente e garantindo estabilidade ao produto encapsulado (Nazzaro et al., 2012). Essa tecnologia é considerada promissora porque a reação ocorre em temperatura ambiente, sem solventes orgânicos e tóxicos, além da possibilidade de alcançar alta eficiência de encapsulamento e liberação controlada (Gouin, 2004).

No processo de encapsulamento, o agente encapsulante desempenha um papel importante na preservação das características químicas e biológicas do composto encapsulado. Características como baixo custo, não toxicidade e estabilidade são essenciais para a escolha da matriz, dependendo da técnica de encapsulamento. Dois biopolímeros de origem vegetal, o extrato de soja e o amido de mandioca modificado, foram escolhidos neste trabalho. O uso de amido modificado tem como vantagens a facilidade de obtenção, o baixo custo, os atributos funcionais, as propriedades mecânicas (flexibilidade, tensão), as propriedades ópticas (brilho e opacidade), o efeito barreira e a resistência estrutural à água e aos microrganismos, promove a gelificação, dispersa ou proporciona opacidade, além da aceitabilidade sensorial (Falguera et al., 2011; Food Ingredients 2015, Silva et al., 2020; Zang et al., 2018; Tester et al., 2018). Por sua vez, o extrato de soja é facilmente encontrado comercialmente, tem baixo custo, alta capacidade emulsificante e considerável teor proteico. Embora seja possível encontrar vários trabalhos utilizando diferentes técnicas de encapsulamento com isolados ou concentrados de soja no encapsulamento de bioativos com maiores teores de proteína (Guo-Yan Li et al. 2021; Oliveira et al., 2012), o mesmo não acontece com o extrato de soja. A vantagem de usar extrato de soja em vez de concentrado e isolado seria a maior simplicidade do processo. Até onde sabemos, esta é a primeira vez que o amido de

mandioca modificado e o extrato de soja foram usados para a microencapsulação de um bioativo usando coacervação complexa.

Este trabalho teve como objetivo produzir microcápsulas de óleo de canola usando uma matriz de amido aniônico modificado e extrato catiônico de soja. Por fim, as partículas foram secas por forno e liofilização e caracterizadas em termos de tamanho, morfologia e outros aspectos tecnológicos. As microcápsulas produzidas podem ser úteis no futuro para várias aplicações, contribuindo para uma melhor distribuição do óleo em uma base solúvel em água e mantendo suas propriedades bioativas.

2. METODOLOGIA

2.1. MATERIAL

O óleo de canola foi obtido no mercado local. O amido modificado aniônico (Superion 3050) foi fornecido pela empresa Horizonte® Starches. A proteína de soja foi adquirida em um mercado local com as seguintes características: proteínas 2%, carboidratos 20,40% e gorduras totais 2%.

2.2. FORMAÇÃO DE MICROCÁPSULAS

2.2.1. PREPARAÇÃO DE MATRIZES DE ENCAPSULAMENTO

Uma solução de extrato de soja a 10% (m/v) (pH 11 ajustado com NaOH (40%) (v/v)) foi preparada e aquecida em banho-maria a 65°C por 10 min. Em seguida, essa solução foi diluída a 5% (v/v) com agitação por 3 h em temperatura ambiente, seguida de aquecimento por 20 min a 70 °C e agitação por 24 h (Oliveira et al., 2018). Outra solução de amido modificado aniônico foi preparada a partir de 2% (m/v), aquecida em banho-maria a 70 °C por 3 h e agitada por 24 h (Oliveira et al., 2018).

As soluções de extrato de soja (ES) e amido aniônico (AA) foram diluídas 1:100 (v/v) para análise do potencial zeta das duas soluções em cada pH estudado (2,5 a 6). Em seguida, a proporção de cada biopolímero foi estimada para atingir a neutralidade da carga. As medições do potencial zeta do extrato de soja e das soluções de amido de mandioca modificado foram realizadas em triplicata à temperatura ambiente usando o instrumento de dispersão de luz a laser (Malvern 3000 Zetasizer NanoZS, Reino Unido).

2.2.2. ENCAPSULAMENTO DE ÓLEO DE CANOLA

O óleo de canola usado para formar as microcápsulas foi de 0,5g e 1g, considerando um volume de 100mL. O óleo foi adicionado à solução de amido modificado e homogeneizado a 10.000 rpm. As soluções de extrato de soja e amido modificado foram agitadas em ultraturrax a 10.000 rpm por 3 minutos e, em seguida, adicionadas a 400 mL de água destilada. A solução final foi ajustada para pH 4 e 5 e deixada a 8°C por 24 horas para precipitar os coacervados. No final, as micropartículas foram centrifugadas a 10.000 rpm por 10 minutos a 25 °C, removendo o excesso de água, e secas em um forno com circulação de ar (SOLAB SL 102) a 105 °C por 5 horas ou liofilização (Liotop K1005) após congelar a amostra em um ultracongelador por 24 horas.

2.3. CARACTERIZAÇÃO DAS MICROCÁPSULAS

2.3.1. ANÁLISE DE RENDIMENTO

Após a formação de coacervados com e sem óleo de canola, as amostras foram centrifugadas (10.000 rpm por 10 minutos a 25 ºC) e secas. O rendimento foi calculado a partir da equação abaixo, em que R é o rendimento em porcentagem, Mf é o valor em gramas da massa seca das cápsulas com/sem óleo e M0 é o valor em gramas da massa inicial dos ingredientes das cápsulas com/sem óleo.

$$R=Mf/M0 \times 100$$

2.3.2. ANÁLISE DO TAMANHO DAS PARTÍCULAS

Os tamanhos médios das partículas foram analisados usando microscopia óptica e o programa ImageJ. Para cada amostra, foram selecionados três campos diferentes da imagem e, em cada campo, foram determinados os tamanhos médios de 50 micropartículas (Schneider; Rasband; Eliceiri, 2012).

2.3.3. EFICIÊNCIA DE ENCAPSULAMENTO DO ÓLEO

A determinação da eficiência de encapsulamento das microcápsulas foi calculada com base na equação abaixo. As quantidades de óleo total e de superfície foram quantificadas por espectrofotometria UV-Vis a 450 nm. O óleo inicial era o peso do óleo antes das análises.

$$EE\ (\%)= (\text{óleo total-óleo superficial})/(\text{óleo inicial}) \times 100$$

2.3.3.1. DETERMINAÇÃO DO ÓLEO DE SUPERFÍCIE

A quantidade de óleo presente na superfície das microcápsulas foi avaliada por espectrofotometria, seguindo o método proposto por Cano-Higuita (2015) (equação abaixo). Em um tubo de ensaio, foram adicionados 0,1 g de microcápsulas secas e 10 mL de hexano, seguido de agitação por aproximadamente 1 minuto. As amostras foram então filtradas e o sobrenadante foi analisado por espectrofotometria a 450 nm.

(% de óleo na superfície) = (quantidade de óleo não encapsulado)/(óleo inicial) x 100

2.3.3.2. DETERMINAÇÃO DO ÓLEO TOTAL

O óleo total das microcápsulas foi determinado por espectrofotometria usando o método Bligh-Dyer modificado (Cecchi, 2003) e expresso como uma porcentagem (equação abaixo).

(% de óleo total)= (quantidade de óleo encapsulado)/(quantidade de óleo inicial) x 100.

2.3.5. SOLUBILIDADE

A solubilidade das amostras secas em estufa e liofilizadas foi determinada de acordo com o método proposto por Cano-Chauca et al. (2005), com modificações. 0,25 g de amostras foram dispersos em 25 mL de água destilada. Após agitação e centrifugação, alíquotas de

15 mL do sobrenadante foram removidas e secas em uma estufa de circulação de ar a 105°C por 5 h. A solubilidade foi calculada pela diferença entre as massas inicial e final, expressa como uma porcentagem de solubilidade.

2.3.6. LIBERAÇÃO DO ÓLEO DE CANOLA

A liberação do óleo de canola em diferentes valores de pH (2 a 9) foi avaliada seguindo o método de Comunian et al. (2016) com adaptações. As microcápsulas foram formadas seguindo o processo descrito na figura 1. As amostras preparadas em meio aquoso foram agitadas por 2 minutos, lavadas com hexano, agitadas e centrifugadas a 15.303xg, para separação de fases. A fase orgânica foi isolada, evaporada e quantificada por espectrofotometria UV-Vis a 450 nm.

2.3.7. ANÁLISE MORFOLÓGICA DAS MICROCÁPSULAS

As amostras de microcápsulas liofilizadas e secas no forno foram preparadas em lamínulas de vidro e levadas para observação em um microscópio óptico (Zeiss).

2.4. ANÁLISE DE ESPECTROSCOPIA DE INFRAVERMELHO

As micropartículas foram analisadas com um espectrofotômetro de refletância total atenuada por infravermelho com transformada de Fourier (FTIR-ATR) (FTLA 2000-102, ABB-BOMEN, EUA). A varredura foi realizada na faixa de comprimento de onda de 400-4000 cm-1, com resolução de 4 cm-1.

2.5. ANÁLISE TÉRMICA DE MICROPARTÍCULAS

Para avaliar a resistência à temperatura das micropartículas, foi seguida a metodologia de Heck (2021). Aproximadamente 0,5 g de microcápsulas foram aquecidas em um banho-maria a 75 °C durante algum tempo (24h/15min/5min). Em seguida, as microcápsulas foram analisadas em um microscópio óptico para verificar sua integridade.

As microcápsulas foram analisadas por termogravimetria (TGA) usando um Perkin Elmer STA 6000, faixa de temperatura de 25 a 300°C, taxa de fluxo de nitrogênio de 50 mL/min e taxa de aquecimento de 10°C.

2.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA

A análise de variância (ANOVA) dos dados que seguiram um projeto completamente aleatório em um esquema fatorial foi realizada com três replicações usando o programa Statistica 14.0.0.15 (Tibco®). Na comparação das médias, foi utilizado o teste de Tukey com 5% de significância.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. DETERMINAÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DAS MATRIZES DE ENCAPSULAMENTO

Durante a preparação do extrato de soja, a alcalinização da solução é essencial para promover a solubilidade das proteínas devido às mudanças que ocorrem em suas

conformações estruturais (Aluko & Yada, 1995). Quando expostas a um tratamento alcalino, as proteínas podem sofrer desnaturação, desdobramento e exposição de grupos reativos dos polipeptídeos (Valenzuela, 2013). Portanto, a alcalinização da solução de soja é essencial para formar o complexo com o amido modificado aniônico.

Ao analisar o potencial zeta das amostras de extrato de soja e amido de mandioca modificado sem óleo de canola (Tabela 1), foi possível estimar as concentrações de matrizes encapsulantes para a formação de coacervados observando as cargas dos biopolímeros individualmente, procurando as condições em que ocorre a neutralidade da carga usando uma proporção menor de biopolímeros, pH 4 e 5).

Tabela 1. Potenciais zeta (mV) de soluções de amido de mandioca modificado (2% m/v) e extrato de soja (5% m/v) na faixa de pH de 2 a 6

Amostra	pH	Potencial Zeta (mv)
Amido modificado	2.0	- 5.57
Amido modificado	3.0	- 6.45
Amido modificado	4.0	- 9.91
Amido modificado	5.0	- 12.8
Amido modificado	6.0	- 12.01
Extrato de soja	2.0	- 29.8
Extrato de soja	3.0	22.8
Extrato de soja	4.0	13.0
Extrato de soja	5.0	10.3
Extrato de soja	6.0	- 25.43

Fonte: Autoria própria.

A proporção estimada de extrato de soja/amido modificado foi de 1:1 (m/v) em pH 4,0 e 2:1 (m/v) em pH 5,0 com base nos valores de potencial zeta obtidos individualmente para cada pH. Os valores de potencial zeta obtidos nessas condições indicam que quanto mais próximo de 0 mV, mais favorável é o valor do potencial zeta para a formação de coacervados e sua precipitação. As proporções 1:1 e 2:1 em pH 4,0 e 5,0, respectivamente, apresentaram valores de potencial zeta próximos de zero. Em geral, as proteínas vegetais têm carga positiva abaixo do ponto isoelétrico, enquanto os polissacarídeos aniônicos têm carga negativa acima do pka (Jones *et al.,* 2010; Souza & Silva, 2023). A interação entre esses dois biopolímeros em pH abaixo do ponto isoelétrico da proteína e acima do pKa do polissacarídeo leva à formação de complexos eletrostáticos.

3.2. FORMAÇÃO DE MICROCÁPSULAS DE ÓLEO DE CANOLA

A influência do óleo de canola (0,5 e 1 g) e o processo de secagem foram avaliados no rendimento final das partículas (Tabela 2). Ao analisar os rendimentos dos encapsulados, verificou-se que os valores mais altos estavam em pH 5, com bons resultados para 1g de óleo e liofilização. A secagem em forno não é recomendada para a mesma quantidade de óleo e condições de pH, pois leva a uma perda mais significativa de material e baixo rendimento. Outros rendimentos baixos foram observados em pH 4 com 0,5 e 1g de óleo e liofilização e secagem em forno, respectivamente.

A liofilização é benéfica para a preservação de compostos bioativos suscetíveis a temperaturas elevadas (Malacrida & Motta, 2005). Em contrapartida, a secagem em um forno tem o risco de comprometer as propriedades funcionais do bioativo (Celestino, 2010).

Tabela 2. Rendimentos de micropartículas de óleo de canola, secas por liofilização e forno

pH	Quantidade de óleo	Processo de secagem	rendimento
4.0	0.5g	Secagem em forno	33,81% (b,c)
4.0	0.5g	Liofilização	24,19% (a,b)
4.0	1g	Secagem em forno	14.45% (a)
4.0	1g	Liofilização	34,64% (b,c)
5.0	0.5g	Secagem em forno	50,56% (b,c)
5.0	0.5g	Liofilização	36.78% (c)
5.0	1g	Secagem em forno	12.40% (a)
5.0	1g	Liofilização	46,00% (b,c)

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente usando o teste Tukey em um nível de probabilidade de erro de 5%.

Fonte: Do próprio autor.

3.3 CARACTERIZAÇÃO DAS MICROCÁPSULAS

Os diâmetros das microcápsulas variaram de 2,38 µm a 2,90 µm e, portanto, seu tamanho pequeno não causa uma percepção desagradável na boca (Kaushik et al., 2015). Fatores como tempo, velocidade de agitação e viscosidade das soluções de encapsulamento, proporção dos ingredientes, pH e método de secagem influenciam o tamanho das partículas (Favaro-Trindade, Pinho e Rocha, 2008; Silva, 2016). Estudos anteriores obtiveram resultados semelhantes, destacando a importância da análise de microscopia óptica na avaliação do tamanho das microcápsulas (Silva *et al.,* 2017).

3.3.1 EFICIÊNCIA DE ENCAPSULAMENTO (EE)

A eficácia do processo de encapsulamento do óleo pode ser avaliada pela quantidade de óleo retida nas cápsulas. Em geral, observou-se que as amostras secas por liofilização apresentaram os maiores valores de EE, independentemente da quantidade de óleo e do pH (Tabela 3).

Os resultados mais promissores variaram de 70,33% a 92,22% e estão de acordo com estudos anteriores na literatura. Ciftci e Temelli (2016) encontraram uma eficiência de encapsulamento de 91,9% para o óleo essencial de menta usando partículas lipídicas de óleo de canola hidrogenado. Mendanha *et al.* (2009) obtiveram eficiência de encapsulamento variando de 78,8% a 91,62% para microcápsulas de ácido ascórbico obtidas por coacervação complexa usando proteína isolada de soja (SPI)/pectina.

Tabela 3. Eficiência de encapsulamento de micropartículas de óleo de canola usando uma matriz de extrato de soja e amido de mandioca modificado formado em pH 4 e 5 e submetido à liofilização e secagem em forno

Tratamentos	Processo de secagem	pH	EE% Média ± DP
ES+ AA + 0,5 g de óleo	Secagem em forno	4.0	24.00 ± 7.20 (b)
ES+ AA+ 0,5 g de óleo	Liofilização	4.0	85.95 ± 4.19 (a)
ES+ AA+ 0,5 g de óleo	Liofilização	5.0	83.93 ± 3.03 (a)
ES+ AA+ 1g de óleo	Secagem em forno	4.0	49,52 ± 5,16 (c,d)
ES+ AA+ 1g de óleo	Secagem em forno	5.0	43,99 ± 0,13 (b,c)
ES+ AA+ 1g de óleo	Liofilização	4.0	92.22 ± 0.96 (a)
ES+ AA+ 1g de óleo	Liofilização	5.0	70,33 ± 0,22 (d,a)

Médias ± DP (desvio padrão) de testes realizados em 3 réplicas, EE% (eficiência de encapsulamento). As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente usando o teste Tukey em um nível de probabilidade de erro de 5%.

Fonte: Do próprio autor.

3.3.2 SOLUBILIDADE

Solubilidade é a quantidade máxima que uma substância pode dissolver em um líquido (Alexandre *et al.,* 2019). A baixa solubilidade dos tratamentos é desejável para a obtenção de microcápsulas estáveis em meio aquoso e é uma característica importante quando se tenta obter uma liberação controlada (Comunian, 2013).

Comparando o efeito da secagem na solubilidade das amostras, observa-se que os tratamentos submetidos à liofilização apresentaram uma solubilidade menor, variando de 18,9% a 32,6% (Tabela 4). Valores ainda menores foram encontrados por Mendanha *et al.* (2009), que obtiveram uma solubilidade de 3,71% a 7,68% para microcápsulas obtidas por coacervação complexa de proteína isolada de soja (SPI)/pectina e ácido ascórbico. Alexandre *et al.* (2019) produziram microcápsulas por coacervação complexa de goma de cajueiro, gelatina e óleo de pequi e obtiveram solubilidade que variou de 1,08% a 4,82%.

Tabela 4. Solubilidade de microcápsulas de amido modificado e extrato de soja submetidas à secagem em estufa e liofilizadas produzidas em diferentes pH e quantidades de óleo

Tratamentos	Processo de secagem	pH	Solubilidade (%) Média ± DP
ES+ AA/1g de óleo	Liofilização	5.0	32,6± 0,7 (a,b)
ES+ AA/1g de óleo	Liofilização	4.0	18.9± 2,1 (a)
ES+ AA/1g de óleo	Secagem em forno	5.0	68,6 ± 4,5 (e,b)
ES+ AA/1g de óleo	Secagem em forno	4.0	57.3 ± 3,1 (c)
ES+AA/0,5 g de óleo	Liofilização	5.0	25,4 ± 4,05 (a,b)
ES+AA/0,5 g de óleo	Liofilização	4.0	20,9 ± 2,6 (a,b)
ES+AA/0,5 g de óleo	Secagem em forno	5.0	46,7 ± 5,7 (c,d,e)
ES+AA/0,5 g de óleo	Secagem em forno	4.0	36.8± 0,5 (d)

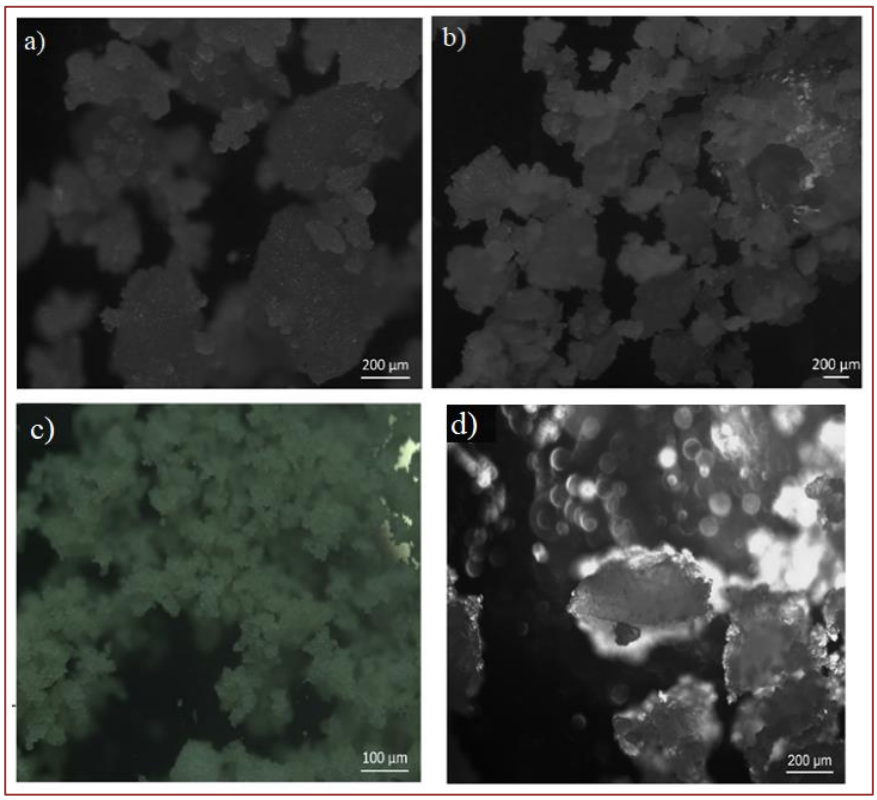
ES (extrato de soja), AA (amido modificado). Médias ± DP (desvio padrão) de testes realizados em 3 réplicas. As médias seguidas pela mesma letra não variaram estatisticamente usando o teste Tukey em um nível de probabilidade de erro de 5%.

Fonte: Do próprio autor.

3.3.3. CARACTERÍSTICAS DAS MICROCÁPSULAS PARA MICROSCOPÍA ÓPTICA

As micrografias ópticas demonstraram a agregação de partículas, independentemente da presença de óleo e do método de secagem (Figura 1). As imagens revelaram partículas aglomeradas sem rachaduras aparentes, sugerindo que o material ativo estava protegido. Análises semelhantes foram realizadas por Nori *et al.* (2011) e Mendanha *et al.* (2009), que produziram microcápsulas com parâmetros muito semelhantes aos do presente estudo, usando o método de coacervação complexa e liofilização. Fujiwara (2013) testou uma formulação com microcápsulas de amido usando a técnica de gelificação iônica e liofilização e observou que as micropartículas tinham formato esférico, destacando a forte influência da liofilização na estrutura das micropartículas.

Figura 1. Imagens obtidas por microscopía óptica (MO) de micropartículas obtidas em pH 5 (a): 1 g de óleo liofilizado; (b): 1 g de óleo seco em estufa. (c): liofilização sem óleo; (d): Liofilização sem óleo

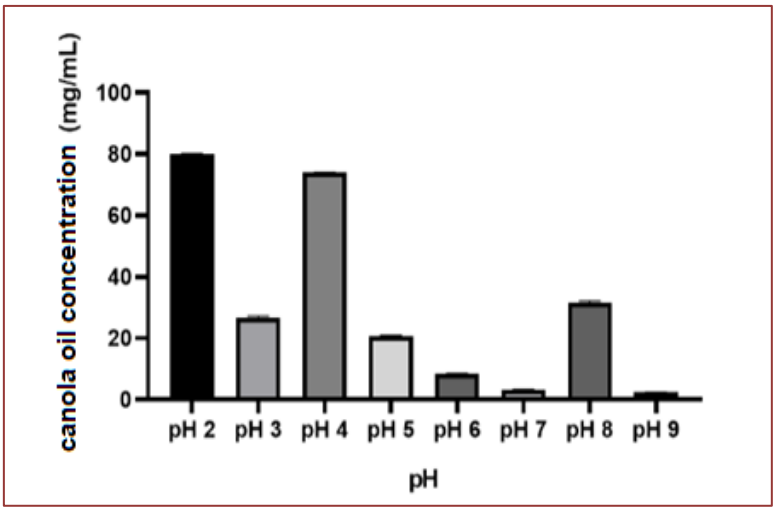


Fonte: Autoria própria.

3.3.4. LIBERAÇÃO DO ÓLEO DE CANOLA

A análise de liberação em uma faixa de pH de 2 a 9 foi realizada para tratamentos submetidos à liofilização a partir de uma proporção de biopolímero de 1:2 de extrato de soja e amido, 1 g de óleo de canola em pH 5. A liofilização foi avaliada neste estudo como uma condição melhor para os resultados de rendimento, eficiência de encapsulamento e solubilidade (Figura 2).

Figura 2. Liberação de óleo de microcápsulas formadas em pH 5, 1g de óleo de canola e secas por liofilização



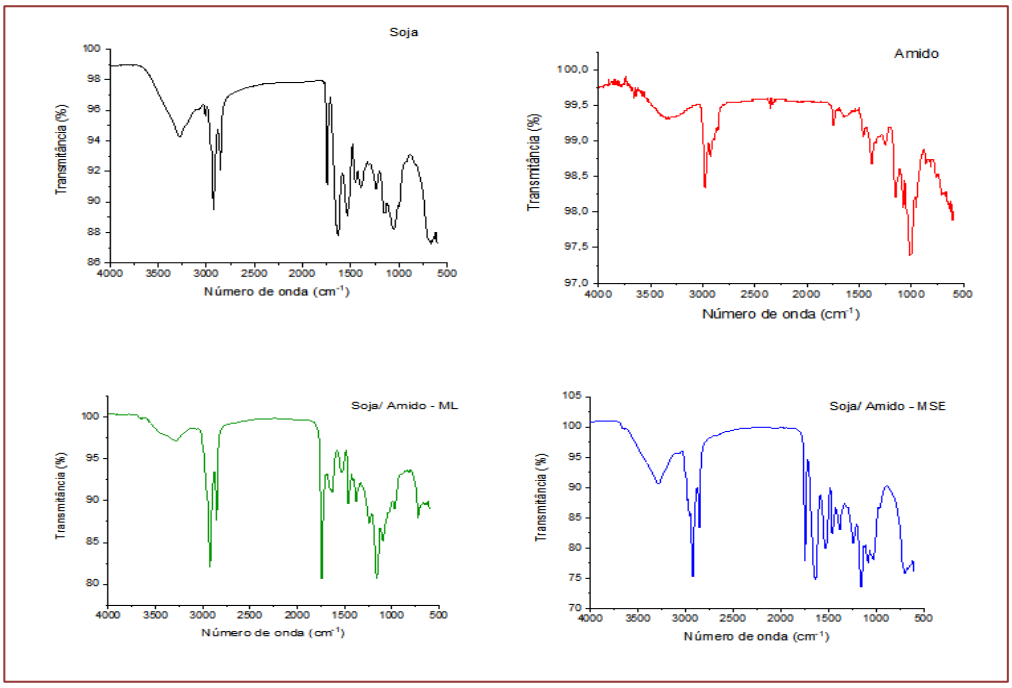
Fonte: Autoria própria.

O pH do ambiente em que as partículas estão pode causar distúrbios no complexo formado. As forças de atração eletrostática podem ser quebradas pela simples alteração do pH do meio (Comunian *et al.,* 2016). Os coacervados têm comportamentos diferentes em pH diferentes, dependendo da matriz usada na formação deles. Ao contrário dos resultados encontrados neste trabalho, outros autores encontraram comportamentos diferentes das partículas em relação ao pH. Silva (2016) analisou os resultados da goma de cajueiro e da quitosana e constatou que, em pH 7, houve 10% de liberação do óleo, e, em pH 5, houve uma liberação mais significativa do óleo de pequi. Communian *et al.* (2016) obtiveram resultados de maior liberação de ácido ascórbico em pH baixo, próximo a 2, e menor liberação em pH próximo a 8, utilizando goma/gelatina de cajueiro como material de parede.

3.3.5. ANÁLISE ESPECTROSCÓPICA DE INFRAVERMELHO

Nos espectros de FTIR do extrato de soja, foram identificados três picos de proteína característicos: a banda de amida I a 1634 cm-1, a amida II a 1534 cm-1 e a amida III a 1234 cm-1. Outros picos incluem vibrações de tração O-H e N-H a 3278 cm-1, vibrações de tração C-H a 2850 e 2920 cm-1, vibração de tração C-O do grupo amida a 1620 cm-1, vibração de estiramento do grupo amida N-H a 1540 cm-1, vibração de tração C-O a 1025 cm-1 e vibração de tração C-N a 1240 cm-1 (Figura 3). Esses resultados corroboram estudos anteriores (Ferreira *et al.,* 2021; Asadzadeh e PIRSA, 2020).

Figura 3. Espectros FTIR de extrato de soja, amido modificado e micropartículas de extrato de soja/amido de mandioca modificado/óleo de canola (liofilizadas e secas em forno)



Fonte: Autoria própria.

O espectro do amido modificado mostrou um perfil semelhante ao do amido nativo, com uma banda larga na região de 3450 cm-1 correspondente à vibração dos grupos hidroxila O-H (Diop et al., 2011). Os picos em 2930 cm-1 e 1641 cm-1 indicam a vibração de estiramento C-H e a presença de água, respectivamente. O pico em 1157 cm-1 corresponde ao estiramento C-O-C, enquanto os picos em 1080 cm-1 e 1018 cm-1 estão associados ao estiramento da ligação C-O (Diop *et al.,* 2011; Zuo *et al.,* 2013).

As micropartículas liofilizadas e secas em estufa apresentaram picos com diferentes intensidades, como um aumento no pico em 1642 cm-1 com um deslocamento para 1635 cm-1, indicando interações entre as proteínas e a amida durante a secagem em estufa (Ochoa-Yepes *et al.,* 2019). A faixa de 3500-3000 cm-1 está relacionada ao alongamento de OH e NH, mostrando a formação de ligações de hidrogênio em todas as amostras. As amostras de soja e as microcápsulas secas no forno apresentaram uma banda mais estreita, indicando mais ligações NH e a presença de proteína. Em contraste, as amostras de amido e as microcápsulas liofilizadas apresentaram um pico mais largo, característico do amido (Garrido *et al.,* 2016).

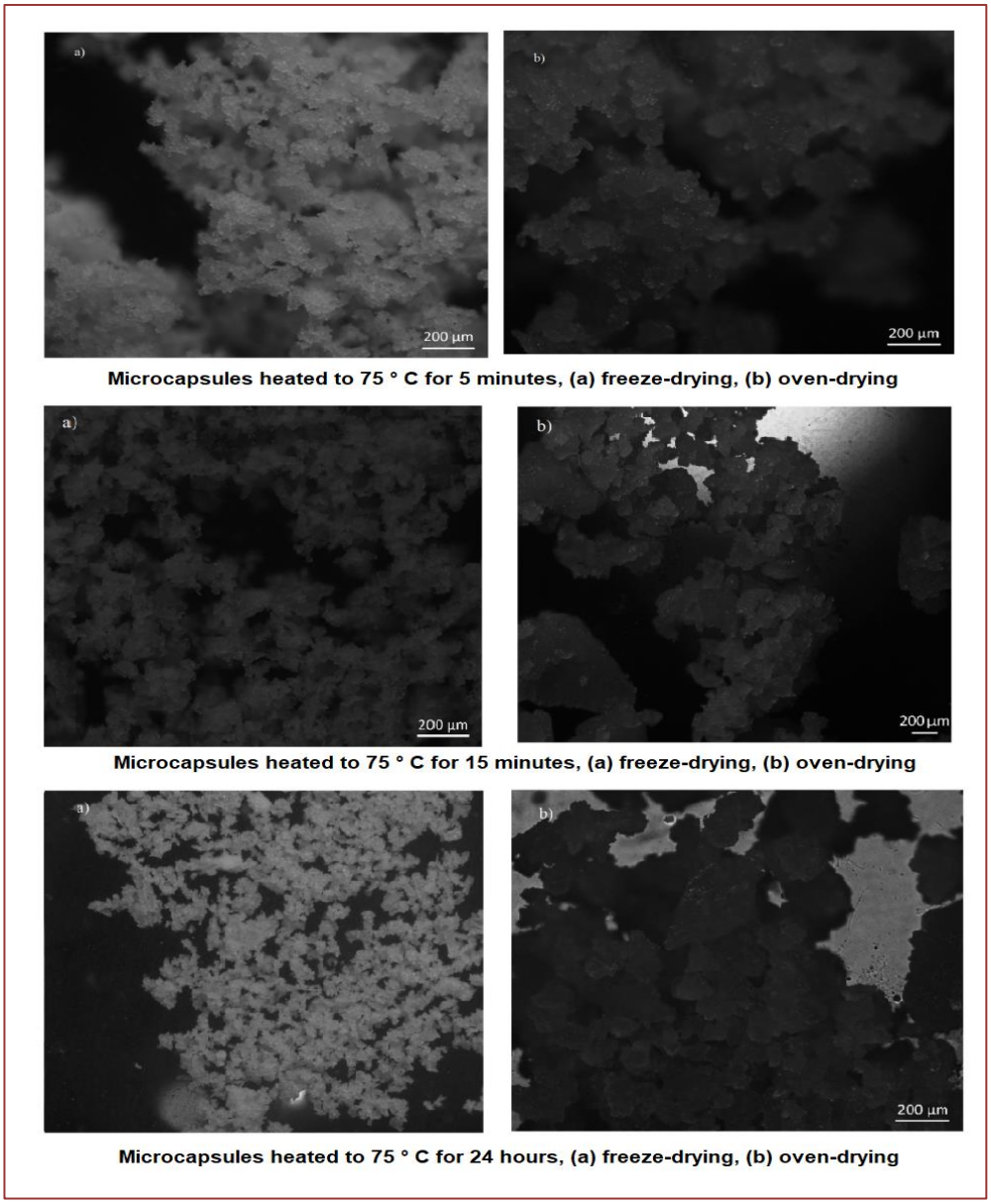
3.3.6. AVALIAÇÃO TÉRMICA DAS MICROPARTÍCULAS

Para conhecer o comportamento das amostras para uma futura aplicação com uma etapa de cozimento, as amostras foram submetidas a uma temperatura de 75 °C, e sua integridade foi avaliada ao final do processo. De acordo com a legislação brasileira (Portaria 2619, de 6 de dezembro de 2011), durante a etapa de cozimento, o alimento

deve atingir pelo menos 74 °C em seu centro geométrico ou combinações de tempo e temperatura, como 65 °C por 15 minutos ou 70 °C por 2 minutos.

Os tratamentos escolhidos para análise foram aqueles com 1g de óleo, pH 5,0, secos por liofilização e estufa, com tempos de cozimento (75°C) de 5 minutos, 15 minutos e 24 horas em banho-maria. Aos 5 e 15 minutos, não houve mudanças perceptíveis na morfologia das microcápsulas, após o aquecimento, independentemente do método de secagem (Figura 10). No entanto, após 24 horas, é possível observar uma diferença na morfologia das microcápsulas e a presença de óleo fora delas no tratamento de secagem em estufa, indicando que o óleo foi liberado (Figura 4). Não foi observado extravasamento de óleo nas partículas liofilizadas.

Figura 4. Aquecimento de microcápsulas de óleo de canola com matriz de extrato de soja e amido de mandioca modificado nos tempos de 5 minutos, 15 minutos e 24 horas

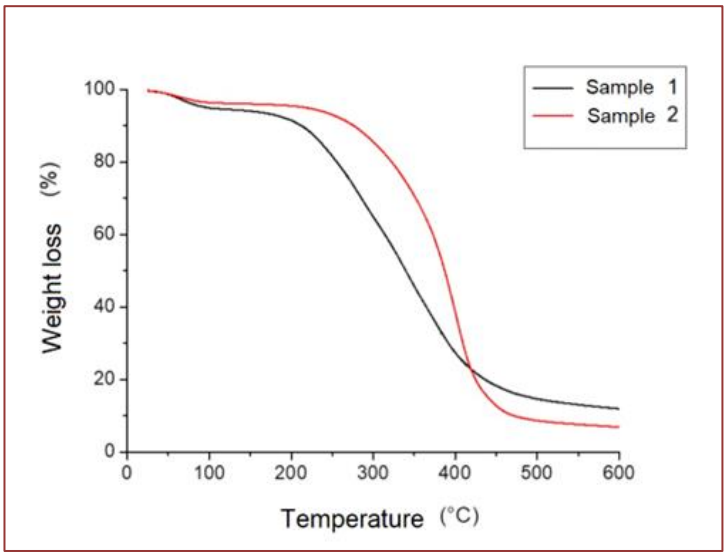


Fonte: Autoria própria.

A análise termogravimétrica (TGA) é uma ferramenta valiosa para investigar a estabilidade térmica, a decomposição, a desidratação e a oxidação de materiais (Xiao *et al.,* 2014). Na análise, as variações de massa de uma amostra são registradas como uma função da temperatura e do tempo durante o aquecimento (Tengku-Rozaina, Birch, 2019).

As microcápsulas secas no forno apresentaram perda de massa na temperatura de pico de 200 °C, enquanto nas amostras de microcápsulas liofilizadas, essa perda ocorreu a uma temperatura de 300 °C (Figura 5). Esses resultados indicam que as microcápsulas liofilizadas demonstraram melhor estabilidade térmica, resistindo à degradação em temperaturas mais altas. Vários autores corroboram os resultados encontrados neste estudo. Nesterenko *et al*. (2012) realizaram análises termogravimétricas em proteína isolada de soja e observaram uma redução de massa a partir de 200°C. Comportamento semelhante também foi observado por Guerrero et al. (2010) para proteína isolada de soja pura, com redução na faixa de 200 a 400°C. Além disso, as microcápsulas estudadas pelos autores demonstraram uma temperatura de degradação entre 300 e 550°C.

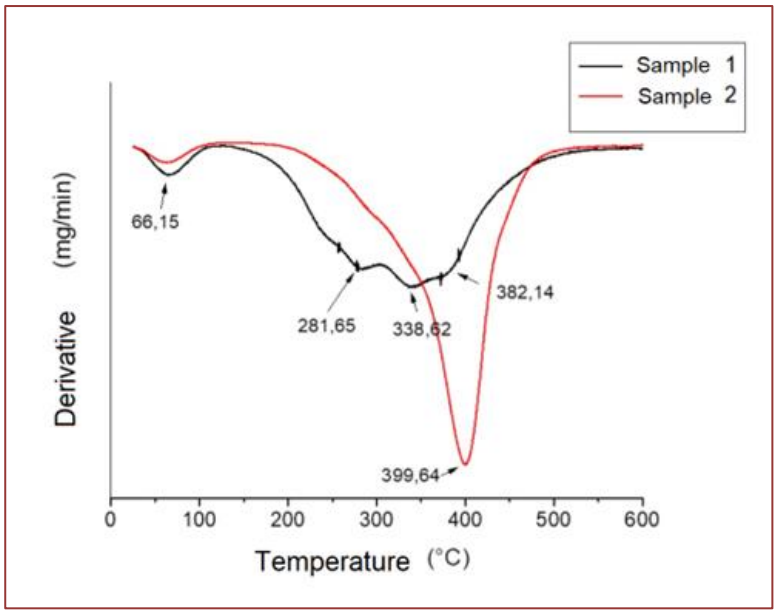
Figura 5. Perda de massa (%) de microcápsulas de óleo de canola com extrato de soja e matriz de amido de mandioca modificado, formadas em pH 5, e secas em estufa (amostra 1) e liofilizadas (amostra 2)



Fonte: Autoria própria.

As temperaturas de degradação de cada microencapsulado são mostradas na Figura 6. O pico máximo em ambas as condições é atribuído à degradação da rede de polímeros. Os picos de 66,15 a 281,65 das microcápsulas secas em forno podem ser associados à perda de água residual nas amostras, enquanto os picos de degradação foram identificados a 338,62 °C e 382,14 °C. As microcápsulas liofilizadas foram mais estáveis, mostrando apenas um pico, indicando uma temperatura de degradação de 399,64 °C. Fayad (2010) produziu microcápsulas de isolado proteico de soja e óleo de copaíba usando coacervação, atingindo uma temperatura de degradação de 322 °C. Felix *et al.* (2015) desenvolveram microcápsulas de óleo essencial de canela usando goma arábica, maltodextrina e isolado proteico de soro de leite como material de parede usando o método de secagem por spray. Eles estimaram uma temperatura máxima de degradação de 200°C para as microcápsulas.

Figura 6. Temperatura de degradação das microcápsulas secas no forno (amostra 1) e liofilizadas (amostra 2)



Fonte: Autoria própria.

4. CONCLUSÃO

As micropartículas obtidas por coacervação complexa em uma condição 2:1 de extrato de soja para amido modificado, formadas em pH 5 e secas por liofilização, apresentaram um tamanho adequado considerando o aspecto sensorial e uma matriz estável em um meio aquoso. As análises térmicas indicaram a robustez da matriz para suportar altas temperaturas, garantindo estabilidade para seu uso como aditivo ou em produtos finais.

REFERÊNCIAS

[1] CANO-CHAUCA, M.; et al. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization (Efeito dos transportadores na microestrutura do pó de manga obtido por secagem por pulverização e sua caracterização funcional). Innovative Food Science and Emerging Technologies, v. 6, p. 429-438, 2005

[2] CANO-HIGUITA, et al. (2015). Microencapsulação de oleoresina de cúrcuma em blendas binárias e ternárias de goma arábica, maltodextrina e amido modificado. **Ciência e Agrotecnologia,** v. 39, n.2, p. 173-182. https://doi.org/10.1590/S1413-70542015000200009

[3] CIFTCI, O. N.; TEMELLI, F. Formação de micropartículas lipídicas sólidas a partir de óleo de canola totalmente hidrogenado usando dióxido de carbono supercrítico. **Journal Of Food Engineering,** v. 178, p. 137-144, 2016.

[4] COMUNIAN, A. T. Microencapsulação de ácido ascórbico por coacervação complexa e dispositivos microfluídicos: estudo estrutural, estabilidade e aplicação das microcápsulas.**Dissertação** (Mestrado em Ciências), Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos. Pirassununga, 2013.

[5] DIOP, C. I. K.; LI, H. L.; XIE, B. J.; SHI, J. Efeitos das proporções de ácido acético/anidrido acético nas propriedades dos acetatos de amido de milho. **Food Chemistry**, v. 126, p. 1662-1669, 2011.

[6] FERREIRA, L.F.; et al. Characterization of cassava starch/soy protein isolate blends obtained by extrusion and thermocompression, **Industrial Crops and Products**, v. 160,2021.

[7] FUJIWARA, Gislene Mari Microencapsulação de estigmasterol utilizando alginato de sódio, quitosana e amido / Gislene Mari Fujiwara. - Curitiba, 2012. 119f.: Il. (algumas color.). **Dissertação (Mestrado) -** Programa de Pós-Graduação em Ciências Farmacêuticas, Setor de Ciências da Saúde, Universidade Federal do Paraná, 2012.

[8] FÁVARO-TRINDADE, Carmen Silvia e PINHO, Samantha Cristina de e ROCHA, Glaucia Aguiar. **Revisão: microencapsulação de ingredientes alimentícios**. Revista Brasileira de Tecnologia de Alimentos, v. 11,p. 103-112, 2008. Disponível em: http://www.ital.sp.gov.br/bj/artigos/bjft/2008/v11n24407.pdf. Acesso em: 21 dez. 2022.

[9] GOUIN, S. Microencapsulation: industrial appraisal of existing Technologies and trends (Microencapsulação: avaliação industrial das tecnologias e tendências existentes). **Trends in Food Science & Technology,** v. 15, p. 330-347, 2004.

[10] FAYAD, S. J. Obtenção e caracterização de micro e nanopartículas a base de proteína isolada de soja. 2010. 106f. **Dissertação (Mestrado em Química**) - Departamento de Química. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

[11] FELIX, P.H.C et al., Termogravimetria (tga) de microcápsulas de óleo essencial de canela. XXIV CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA, 2015.

[12] GARRIDO , T. A, et al. Caracterização de filmes de biocompósitos de ágar/proteína de soja: Efeito do ágar nos pellets extrusados e nos filmes moldados por compressão. **Carbohydra. Polym.**,151, 2016.

[13] GONÇALVES, N.D.; et al. Óleo essencial de tomilho (Thymus vulgaris) encapsulado utilizado como conservante natural em produtos de panificação. **Food Research International,** v. 96, n. 3, p. 154-160, 2017.

[14] GUO-YAN Li a , et al.,. Coacervado complexo de proteína de soja-polissacarídeo sob tratamento físico: Efeitos do pH, da força iônica e do tipo de polissacarídeo. **InnovativeFood Science and Emerging Technologies.**v. 68, 102612. 2021.

[15] GUERRERO, P. et al. Mechanical and thermal properties of soy protein films processed by casting and compression.**Journal of Food Engineering,** v. 100, n. 1, p. 145-151, 2010.

[16] HECK, R. T. Aplicação de óleo microencapsulado de chia e de linhaça em hambúrgueres promovendo a melhoria do perfil lipídico. **Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos.** Universidade Federal de Santa Maria. Rio Grande do Sul, 2017.

[17] HECK, R.T., et al. Emulsão hidrogel a partir de óleos de chia e de linhaça: Uma estratégia promissora para produzir hambúrgueres com baixo teor de gordura e um perfil lipídico mais saudável. **Meat Science**, v. 156, n. 6, p. 174-182, 2019.

[18] JONES, O. G.; MCCLEMENTS, D. J. Functional Biopolymer Particles: Design, fabricação e aplicações**. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety,** v. 9, n. 4, p. 374-397, 2010.

[19] JONES, O *et al*. Thermal analysis of Î²-lactoglobulin complexes with pectins or carrageenan for production of stable biopolymer particles. **Food Hydrocolloids**, v. 24, n. 2, p. 239-248. 2010. ISSN 0268-005X, https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2009.10.001.

[20] KAUSHIK, P. et al. Microencapsulation of omega-3 fatty acids: A review of microencapsulation and characterization methods (Microencapsulação de ácidos graxos ômega-3: Uma revisão dos métodos de microencapsulação e caracterização). **Journal of Functional Foods,** v. 19, p. 868-881, 2015.

[21] MALACRIDA, C. R.; MOTTA, S. Compostos fenólicos totais e antocianinas em suco de uva. **Food Science and Technology**, v. 25, n. 4, p. 659-664, 2005. http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612005000400006.

[22] MENDANHA, D.V. et al., Microencapsulação de hidrolisado de caseína por coacervação complexa com SPI/pectina. FoodResearchInternational, v. 42. p. 1099-1104. 2009.

[23] NORI, P.M et al., Microencapsulação de extrato de própolis por coacervação complexa LWT - Ciência e Tecnologia de Alimentos. v. 44, n. 2, p. 429-435. 2011.

[24] NAZZARO, F. et al. Microencapsulation in food science and biotechnology**. Current opinion inbiotechnology**, v. 23, n. 2, p. 182-186, 2012.

[25] NESTERENKO, A. et al. Influência das modificações estruturais da proteína de soja em sua

propriedades de microencapsulação: preparação de micropartículas de α-tocoferol. **Pesquisa sobre alimentos International**, v. 48, n. 2, p. 387-396, 2012.

[26] OCHOA-YEPES, L.et al. Famá. Influência do processo (extrusão/termo-compressão, casting) e do teor de proteína da lentilha nas propriedades físico-químicas de filmes de amido. **Carbohydr. Polym**., p.208, v.4 .2019.

[27] OLIVEIRA, T. S. de; et al. Microencapsulação do óleo de castanha-do-brasil com proteínas vegetais como material de parede. **Anais e Proceedings de eventos**, Embrapa Agroindústria de Alimentos. p. 48, 2012.

[28] OLIVEIRA, G.M.M. Interação entre SPI e CMC: Efeito do pH, concentração e diluição na medida do potencial zeta. Anais **VI Simpósio de Engenharia e Ciência de Alimentos**, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" São José do Rio Preto. 2018.

[29] RIBEIRO, D. et al. Antioxidant and pro-oxidant activities of carotenoids and their oxidation products.**Food and Chemical Toxicology**, v. 120, p. 681-699, 2018.

[30] RUIZ, J.C.; et al. Encapsulamento de óleos vegetais como fonte de ácidos graxos ômega-3 para alimentos funcionais enriquecidos. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition,** v. 57, n. 7, p. 1423-1434, 2017.

[31] SILVA, L. C da et al. Microencapsulamento de óleo de pequi revestido com goma de cajueiro e quitosana por coacervação complexa seguida de secagem por spray drying ou liofilização. **Boletim de pesquisa e desenvolvimento, Embrapa Agroindústria Tropical,** ISSN 1679-6543; 168), 23 p. 2018.

[32] SILVA, J. M. da.; et al. Amido de mandioca modificado por oxidação: Propriedades físico-químicas e perfil de textura dos géis. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento,** [S. l.], v. 9, n. 10, 2020.

[33] SILVA, L. C da et al,. Caracterização e liberação controlada de microcápsulas de óleo de pequi para aplicação em iogurte. LWT, Ciência e Tecnologia de Alimentos. V. 157, n.1. 2022, 113105

[34] SILVA, L. C et al,.Otimização de goma de caju e quitosana para microencapsulação de óleo de pequi por coacervação complexa.J Food Process Preserv. 2017;e13538. https:// doi.org/10.1111/jfpp.13538.

[35] TESTER, *et al.* "Starch structure and digestibility" (Estrutura e digestibilidade do amido). Starch in Food: Structure, Function and Applications (Amido em alimentos: estrutura, função e aplicações), **Woodhead Publishing,** p. 109-136, 2018.

[36] ZUANON, L. et al. Produção de microcápsulas de oleorresina de cúrcuma por coacervação complexa com gelatina-goma arábica. **JournalofFoodProcessEngineering,** n. 36, p. 364-373, 2013.

Capítulo 9

Desenvolvimento de blendas biopoliméricas de metilcelulose e quitosana para utilização em embalagens ativas para alimentos

Silvania Farias Oliveira Pontes
Leonardo Vieira Pontes

Resumo: Metilcelulose e quitosana são biopolímeros alternativos para o desenvolvimento de embalagens de alimentos, devido à sua natureza biodegradável. A quitosana tem efeitos antimicrobianos contra os agentes patogênicos de origem alimentar, tais como Staphylococcus aureus e Escherichia coli. Esses efeitos têm sido amplamente estudados e são de interesse para a conservação de alimentos. Neste trabalho, foram desenvolvidos filmes a partir de misturas poliméricas de metilcelulose e de quitosana com diferentes concentrações (100/0, 70/30; 50/50; de 30/70 e 0/100% v/v). Foram estudadas as propriedades mecânicas dos filmes desenvolvidos. Os filmes foram morfologicamente e quimicamente caracterizados por microscopia eletrônica de varredura (MEV) e Espectroscopia de Infravermelho Transformada de Fourier (FTIR). Não houve diferenças significativas nas propriedades mecânicas entre os tratamentos. MEV mostrou superfície homogênea com pontos de heterogeneidade, provavelmente devido à solubilização incompleta do polímero. Os resultados de FTIR indicaram a ocorrência de interações simples entre os polímeros, o que confirma os resultados das propriedades mecânicas, que não apresentem alterações na estrutura química ou mecânica.

Palavras- chave: blenda, quitosana, metilcelulose.

1. INTRODUÇÃO

O consumo e produção exacerbados de embalagens tem ocasionado diversos problemas devido ao impacto ambiental causado em todo o ciclo de vida do produto, desde a extração de grande quantidade e variedade de materiais até o descarte de modo inadequado no meio ambiente. Sob outra perspectiva também observa-se que, de modo geral as embalagens são de grande importância para o armazenamento e transporte de produtos dos diferentes segmentos da indústria, garantindo a segurança principalmente de gêneros alimentícios[1].

Uma embalagem é considerada biodegradável quando é possível realizar sua decomposição naturalmente, ou seja, sua biodegradação. Sua permanência no ambiente é menor do que a permanência das embalagens não biodegradáveis, o que acaba por diminuir as chances de efeitos nocivos como: sufocamentos, entrada na cadeia alimentar, contaminação por disruptores endócrinos, entre outros[2].

O interesse por esses polímeros na área de alimentos vem crescendo consideravelmente nas últimas décadas. O uso de biomateriais pode ser explicado tanto por aspectos ambientais e exigências dos consumidores, quanto pela necessidade de criar fontes alternativas que forneçam valor agregado à matéria-prima final. Os polímeros biodegradáveis, como alternativas, vêm trazendo não só bons resultados do ponto de vista científico, como também atende a diversas demandas do mercado atual [3].

Diversos polímeros biodegradáveis e renováveis estão comercialmente disponíveis, como os polissacarídeos, proteínas, entre outros, mostrando que podem competir com polímeros não biodegradáveis em diferentes setores industriais como, por exemplo, na área de embalagens [4]. Alguns polímeros naturais que se apresentam como alternativa para substituir plásticos derivados de petróleo, são os derivados de celulose, que são materiais termoplásticos produzidos por esterificação de celulose de materiais como algodão, papel reciclado, madeira e cana de açúcar. Estes derivados têm sido utilizados em muitas áreas, como: laminados, filmes ópticos, fibras têxteis e revestimentos para fármacos e alimentos [5].

O emprego da quitosana em embalagens de alimentos decorre das excelentes propriedades de capacidade filmogênica e boa barreira ao oxigênio e dióxido de carbono. Adicionalmente, a quitosana é um componente antimicrobiano natural [6] que possui propriedades como biodegradabilidade, biocompatibilidade e não toxicidade, tornando o seu uso satisfatório em diversas aplicações[7,8]. Contudo, a combinação de quitosana com outros materiais formadores de filmes ainda está sendo realizada com maior frequência [9].

Alguns autores vêm estudando a aplicação de quitosana em sistemas de blendas com derivados da celulose na busca por melhoria das propriedades destes polímeros, como por exemplo, avaliação das propriedades mecânicas [10], avaliação das propriedades antimicrobianas[11], e a avalição do efeito da incorporação de nanopartículas[12]. Além disso, estudou-se ainda, a combinação da quitosana com a celulose durante a obtenção e caracterização [13].

A mistura física de dois ou mais polímeros sem que haja reação química entre os componentes é denominada blenda polimérica [14]. Para ser considerada uma blenda, os compostos devem ter concentração acima de 2% em massa do segundo componente [15].

As blendas biopoliméricas de quitosana e metilcelulose constituem um sistema de embalagens que poderá diminuir a pressão sobre o meio ambiente, com a redução do uso

de materiais oriundos de fontes não renováveis (petróleo), diminuição das taxas de poluição e volume de material descartado, além de poder a vim possibilitar a obtenção de um novo material para uso em embalagens alimentícias.

As embalagens ativas para aplicação em alimentos são aquelas em que ocorrerem à incorporação de um agente ativo ao material da embalagem, objetivando acrescentar-lhe uma função extra, como exemplo: antimicrobiana, absorvedor de etileno, absorvedor de umidade ou de oxigênio, dentre outras possibilidades. Assim, tornando-se possível melhorar a qualidade e/ou segurança dos alimentos acondicionados nesse sistema. Por todos esses aspectos, as embalagens com funções ativas vêm sendo muito estudadas e aplicadas em diversos tipos de alimentos (pães, biscoitos, queijos, carnes, frutas e hortaliças), aliado ao potencial inovador e promissor no desempenho das embalagens alimentícias.

Objetivou-se com o presente trabalho, desenvolver blendas biopoliméricas de quitosana e metilcelulose e caracterizá-los quanto às propriedades de engenharia, para avaliação do seu potencial de utilização em sistemas de embalagens ativas para aplicação em diferentes tipos de alimentos.

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. MATERIAL

Foi usado metilcelulose (SIGMA®) e quitosana (extrato de fibras de carapaças de crustáceos), adquiridas da empresa POLYMAR com grau de desacetilação de 95%. Solução de ácido acético glacial (Vetec) 2% foi utilizado como solvente para a quitosana. Utilizou-se também, o polietileno glicol (SIGMA®) com peso molecular 6000, como plastificante para a matriz polimérica.

2.2. PRODUÇÃO DAS BLENDAS BIOPOLIMÉRICAS

As blendas foram produzidas pela utilização de soluções filmogênicas de quitosana e metilcelulose.

As soluções de quitosana (Q) a 2% foram preparadas, dissolvendo a quitosana em solução de ácido acético glacial (Synth®) 2% (v/v) e, polietileno glicol 10% (m/m) porcentagens dada em relação a resina polimérica. Em seguida, a solução foi mantida, sob agitação constante em agitador mecânico a 4 rpm por 20 horas a temperatura ambiente (25± 2 °C). Para a remoção das partículas insolúveis na solução filmogênica, foi realizada uma filtração a vácuo.

As soluções de metilcelulose (MC) a 2% foram preparadas, dissolvendo a metilcelulose em água destilada em ebulição (100°C) e, acrescentando o plastificante polietileno glicol 10% (m/m), porcentagem dada em relação a resina polimérica (metilcelulose). A solução foi mantida sob agitação constante em agitador mecânico a 4 rpm por 60 minutos a temperatura ambiente (± 25 °C). Aguardou-se o total resfriamento da solução, deixando-a em repouso por 2 horas, em seguida realizou-se outra agitação a 4 rpm por 30 minutos para total solubilização do polímero.

2.3. PRODUÇÃO DOS FILMES

Os filmes foram produzidos utilizando volumes de 100 mL das soluções de quitosana (Q) e metilcelulose (MC) nas seguintes proporções: 100/0; 70/30; 50/50; 30/70 e 0/100 (v/v) respectivamente. Para a homogeneização das soluções, realizou-se a mistura das soluções filmogênicas com auxílio do bastão de vidro, até completa solubilização.

As soluções filmogênicas foram utilizadas assim que preparadas. Em uma proveta, mediu-se 25 mL das blendas produzidas nas proporções estudadas e, espalhou-se, em placas de Petri de 14 cm de diâmetro. As placas foram armazenadas em câmaras com controle de temperatura (25 ± 2°C) e umidade relativa (60 ± 10%), até a completa evaporação do solvente (aproximadamente 24 horas). Verificou-se a secagem completa dos filmes através da observação visual e, pelo contato manual sobre a superfície dos filmes. Desta forma, os filmes foram removidos das placas de Petri e embalados em sacos de PE/NÁILON para posterior utilização nas análises de caracterização.

2.4. CARACTERIZAÇÃO DOS FILMES

2.4.1. ESPESSURA

A espessura média dos filmes foi medida com o auxílio de um micrômetro modelo Mitutoyo (0-25 mm). Foram retiradas três amostras de cada filme, tomando-se as medidas em dez pontos diferentes em cada amostra, com um total de 30 medidas de cada filme.

2.4.2. PROPRIEDADES MECÂNICAS

Os filmes desenvolvidos foram submetidos a testes mecânicos para avaliação da carga máxima (N), deformação na carga máxima e tensão na ruptura de acordo com a norma ASTM D882–09[16] utilizando a máquina Universal de Testes Mecânicos (INSTRON Corporation). Com o auxílio de um molde de metal e estilete foram retirados sete corpos de prova de cada tratamento com dimensões de 10 cm de comprimento e 2,5 cm de largura. A máquina foi operada com célula de carga de 1kN a uma velocidade de tração de 25mm·min^{-1} e com distância entre as garras de 50mm.

2.4.3.ESPECTROSCOPIA NA REGIÃO DO INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADA DE *FOURIER* (FTIR)

Para determinar as possíveis interações químicas das blendas de quitosana e metilcelulose, nos filmes formados, foram realizadas avaliações de espectroscopia utilizando-se o espectrofotômetro na região do infravermelho (FTIR-Thermo Scientific Nicolet 6700) equipado com um detector de KBr-DTGS KBr e um divisor de feixe. Amostra de cada filme foram utilizadas para a realização de 56 varreduras na faixa média do infravermelho (4000 a 400 cm^{-1}), com resolução espectral de 4 cm^{-1} para obtenção dos espectros.

2.4.5. MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

A caracterização morfológica dos filmes foi realizada através de microscopia eletrônica de varredura em microscópio eletrônico de varredura MEV – HITACHI TM- 3000. As

amostras de 1 cm de diâmetro de cada filme foram fixadas em “stubs” e analisadas até captura das micrografias.

3. ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS

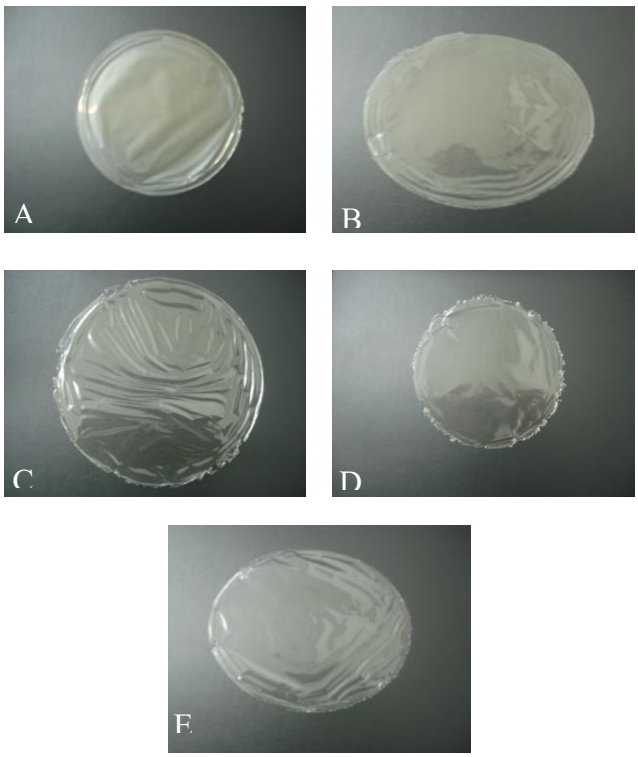
O experimento foi conduzido no delineamento inteiramente casualizado (DIC) com três repetições. Os dados foram analisados estatisticamente por análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade, usando o programa estatístico SAS® versão 9.2 (Statistical Analysis System – SAS Institute Inc., North Carolina, USA) licenciado para a Universidade Federal de Viçosa - UFV. Devido ao caráter de avaliação qualitativa, os dados obtidos através das micrografias eletrônicas de varredura, e através das espectrofotometria transformada de Fourrier foram analisados descritivamente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. ESPESSURA

Os filmes apresentaram espessura uniforme e facilidade de remoção das placas de Petri. A ilustração dos filmes típicos obtidos após polimerização está descrita na Figura 1.

Figura 1: Filmes obtidos a partir de blendas filmogênicas de (Q) e de (MC). A: 100Q/0MC; B: 70Q/30MC; C: 50Q/50MC; D: 30Q/70MC; E: 0Q/100MC



A espessura dos filmes não apresentou diferença significativa ($p>0,05$), apresentando valor médio de 41 ± 3 µm. Um fator muito importante na produção de um filme é o

controle de sua espessura, pois a desuniformidade neste parâmetro compromete a realização de comparações quanto a outros parâmetros estudados entre os tratamentos.

4.2. PROPRIEDADES MECÂNICAS

Os parâmetros de propriedade mecânica, carga máxima, deformação na carga máxima e tensão na ruptura não diferiram significativamente ($p>0,05$) entre os tratamentos avaliados. Isto pode ser atribuído ao fato de se tratarem de dois polímeros com similaridades estruturais, e, portanto, compatíveis quimicamente quanto a miscibilidade.

Os filmes apresentaram valores médios de carga máxima de 31,85 ± 4,72 N, deformação na carga máxima de 15,06 ± 4,76% e tensão na ruptura de 15,48 ± 5,82 MPa.

No trabalho de Bourtoom e Chinnam,[19]os autores verificaram que a tensão na ruptura de filmes de amido de arroz-quitosana aumentou com o aumento da concentração de quitosana. Esses filmes, produzidos por *casting*, apresentaram valores de tensão na ruptura que variaram de 27,5 a 38,1 MPa, valores maiores que os obtidos neste trabalho, demonstrando assim, que os filmes produzidos pelas blendas de quitosana e metilcelulose apresentam menor resistência a tensão na ruptura que os filmes obtidos no trabalho mencionado acima. Possivelmente a formação das blendas de quitosana e amido de arroz apresentaram uma melhor resistência a tensão na ruptura devido as possíveis ligações estruturais formadas entre esta mistura de polímeros.

Moraes *et al*.[20] desenvolveram filmes de base celulósica onde obtiveram os valores de 37,4 ± 7 N e 52,4 ± 7 N para carga máxima e 1,7 ± 0,7% e 2,3 ± 0,7% para deformação na carga máxima para os filmes controle e filmes adicionados de 7% de ácido sórbico, respectivamente. A adição de 7% de ácido sórbico alterou a estrutura polimérica do filme dando-lhe maior resistência e alongamento. Ao comparar as propriedades mecânicas dos filmes de quitosana e metilcelulose obtidas neste estudo, com a dos filmes de base celulósica mencionados, percebe-se que estes apresentaram um maior alongamento e uma carga máxima bem próxima a destes filmes.

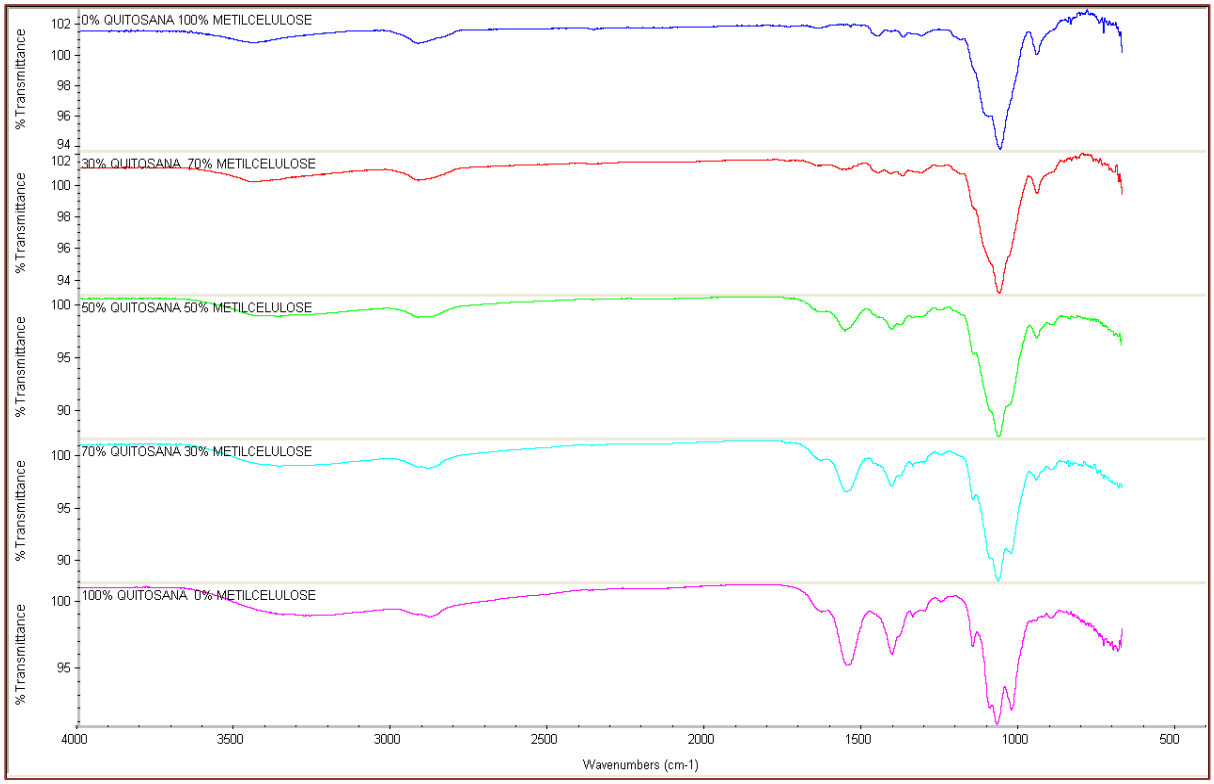
Rotta[21] obteve valores para tensão na ruptura variando de 21,45 ± 3,07 a 35,2 ± 1,41 MPa para filmes de quitosana e hidroxipropilmetilcelulose em diferentes proporções. Esses valores não estão muito distantes dos obtidos neste trabalho, a diferença encontrada pode ser devido à utilização do polímero hidroxipropilmetilcelulose ao invés de metilcelulose.

Geralmente, as alterações das propriedades mecânicas em função da composição do material estão relacionadas com o grau de compatibilidade entre os polímeros.

4.3. ESPECTROSCOPIA NA REGIÃO DO INFRAVERMELHO COM TRANSFORMADA DE *FOURIER* (FTIR)

Os picos de transmitância do FTIR para os filmes de quitosana/metilcelulose nas proporções de 100/0; 70/30; 50/50; 30/70 e 0/100 (v/v) estão descritos na Figura 2.

Figura 2: Espectros do FTIR de transmitância realizadas por transmissão na faixa de 4000-400 cm^{-1} diretamente na superfície dos filmes produzidos a partir das blendas de quitosana e metilcelulose



Os filmes com 100% de MC apresentaram bandas de absorção em 3448,64 cm^{-1} referente ao alongamento O-H, 2921,32 cm^{-1} correspondente ao estiramento C-H, 1452,96 cm^{-1} a C-O e 1063 cm^{-1} ao estiramento C-O-C. A presença dos picos restantes pode ser atribuída à presença de grupos metoxil. Esses valores são bem próximos aos relatados por MURA *et al.*[12] que obtiveram picos similares no espectro da metilcelulose pura, onde são observados os picos característicos em 3471 cm^{-1}, referente ao alongamento O-H, 2932 cm^{-1} ao alongamento C-H, picos de 1.585cm^{-1} ao estiramento C-O, picos de 1064 cm^{-1} a vibração do C-O-C e, os demais picos referentes aos grupos metoxil (1465, 1123, 944 cm^{-1}).

Para os filmes de Q pura, os valores encontrados não foram muito próximos aos relatados por Mura *et al.*[12] isto pode ser devido ao tipo de ácido utilizado para a dissolução da quitosana, e como todos os constituintes dos filmes podem interferir nos picos obtidos pelo FTIR, as variações dos espectros encontrados podem ser decorrentes do tipo de ácido presente na amostra. Neste trabalho foi utilizado o ácido acético glacial 2% e, os autores supracitados utilizaram o ácido lático.

Pranoto *et al.*[29], produziram filmes obtidos a partir da dissolução de quitosana em acético adicionados de vários agentes antimicrobianos (óleo de alho, sorbato de potássio e nisina). Esses autores obtiveram similares picos do FTIR para os filmes, relatando valores bem próximos aos encontrados neste estudo.

Variações nos espectros dos filmes de Q e de MC foram percebidas de acordo a variação nas proporções das blendas, demostrando que, a composição da blenda interferiu nos picos dos espectros e, que pode ter ocorrido interações entre os constituintes das blendas.

No espectro de quitosana, observou-se um alargamento na banda de 3200 a 3600 cm^{-1} normalmente atribuída ao estiramento do O-H e do $N-H_2$. Já o espectro de quitosana em misturas de polímeros, com o aumento do teor de quitosana na blenda também foi possível visualizar um aumento na banda de 1730 cm^{-1} normalmente atribuída ao estiramento da amida (C=O), bem como a banda de 1250 cm^{-1}que pode ser atribuída à deformação do $N-H_3^+$, estiramento do C-O e deformação do O-H ocorrida devido à mistura de polímeros [30,31]. Neste trabalho, filmes com 100 % de quitosana apresentaram uma banda larga a 3.264,62 cm^{-1} e um estiramento C-H em 2.881,05 cm^{-1}.

Quando duas ou mais substâncias são misturadas, as combinações físicas *versus* as interações químicas são refletidas por mudanças características nas bandas dos espectros [32,33].

Filmes compostos por metilcelulose e quitosana mostram picos que se sobrepõem em diferentes pontos, mas a posição dos picos principais é constante. Em filmes compostos com alta percentagem de quitosana, estão presentes picos de amina, amida e sacarídeos que são constituintes da sua estrutura (cerca de 1600-1700 cm^{-1}) e que não estão presentes no espectro do metilcelulose [34].

Os espectros obtidos nos indicam que ocorreram interações entre os polímeros estudados, e que esses filmes apresentaram espectros característicos da sua estrutura, variando de acordo a proporção utilizada na produção da blenda. Pode não ter ocorrido reações nos grupos funcionais destes polímeros nas concentrações de Q e MC avaliadas, podendo ter ocorrido apenas interações simples que não foram suficientes para alterar as propriedades mecânicas e de barreira avaliadas.

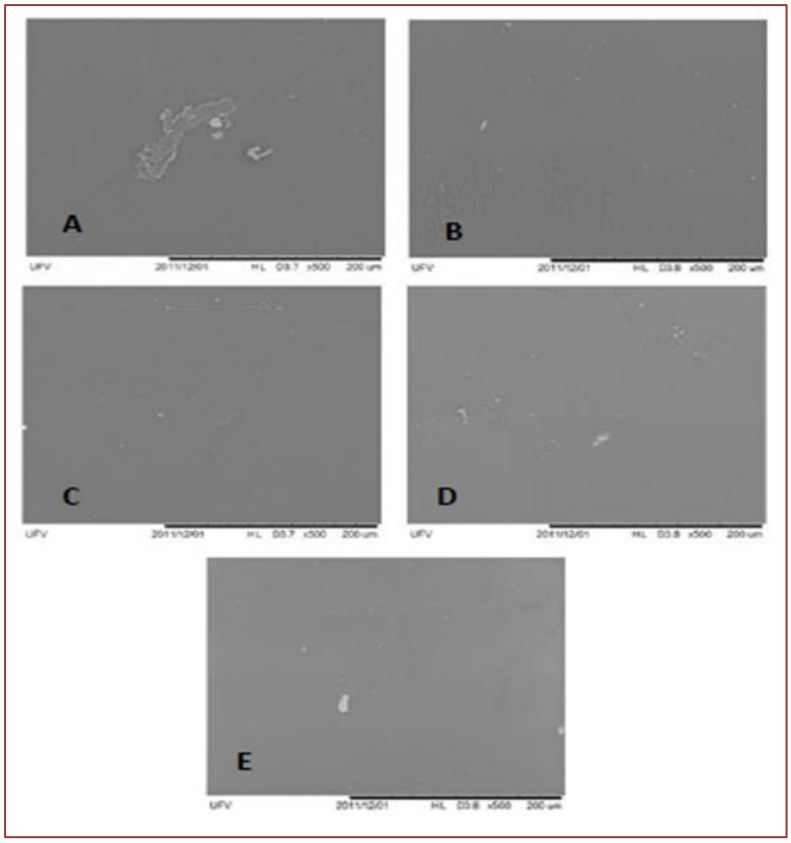
A estrutura molecular da quitosana é bastante semelhante a da celulose, apenas os grupos funcionais ligados ao segundo carbono diferem um do outro [13] isto explica a compatibilidade e as interações simples ocorridas entre as blendas estudadas.

Como a MC é derivada da celulose, obtida pela substituição de grupos hidroxilas por grupos metila, a diferença em relação a estrutura da Q é devido a presença de grupos metilas na MC no lugar de grupos acetamido característico da Q.

4.4. MICROSCOPIA ELETRÔNICA DE VARREDURA (MEV)

De maneira geral, os filmes produzidos a partir das blendas de Q e MC nas proporções estudadas apresentaram pontos insolúveis de dispersão ou de aglomerados como demonstrados na Figura 3, mas, que não interferiram na obtenção dos filmes e nem na possível miscibilidade dos polímeros estudados.

Figura 3: Micrografias da superfície dos filmes realizadas por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV). A: 100Q/0MC; B: 70Q/30MC; C: 50Q/50MC; D: 30Q/70MC; E: 0Q/100MC



A presença dos aglomerados pode ser devido a parcial solubilização dos polímeros quando em sistema de produção de blendas, uma vez que a Q foi solubilizada em ácido acético glacial a 2% e a MC foi solubilizada em água destilada quente. Os solventes utilizados para a produção das soluções filmogênicas podem ter influenciado na solubilização dos biopolímeros quando misturados e, assim, estes apresentaram formação de grumos. Através das micrografias, podemos perceber que, a presença destas dispersões não interferiu na formação de filmes de aparência uniforme.

5. CONCLUSÕES

Os filmes produzidos a partir das blendas de quitosana e metilcelulose apresentaram miscibilidade e potencial para serem utilizados em sistemas de embalagens ativas para alimentos, apresentando características químicas de acordo as suas estruturas moleculares. Assim, as blendas obtidas e utilizadas para a produção de filmes, constituem uma alternativa para produção de embalagens biodegradáveis, o que poderia acarretar em redução do uso de materiais oriundos de fontes não renováveis como o petróleo, diminuição das taxas de poluição e volume de material descartado. Além disso, o seu potencial promissor, permite a incorporação de diversos agentes ativos na matris polimérica, os quais podem ser utilizados com diferentes finalidades de atuação, como por exemplo, antimicrobiano, antioxidade,dentre outras.

REFERÊNCIAS

[1] ABRE, KARASKI, U. T., RIBEIRO, M. F., PEREIRA, R. B., ARTEAGA, S. P. Embalagem e sustentabilidade: desafios e orientações no contexto da economia circular. Disponível em: <http://www.abre.org.br/wp-content/uploads/2012/08/embalagem_sustentabilidade.pdf> acesso em: 06 Fev. 2025.

[2] ECYCLE. Embalagem biodegradável: vantagens, desvantagens e exemplos. Disponível em:<https://www.ecycle.com.br/2910-embalagem-biodegradavel>. Acesso em 09 out. 2018.

[3] Wu, Y.; Weller, C. L.; Hamouz, F.; Cuppet, S. L.; Schnepf, M.; *Food Sci and Nut. Res.,* **2002**, *44*, 347-397.

[4] John, M.J.; Thomas, S.; *Car. Polym*., **2008**, *71*, 343 – 364.

[5] Romero, R. B.; Leite, C. A. P.; Gonçalves, M DO. C.; *Polym.,* **2009**, *50*, 161-170.

[6] Devlieghere, F.; Vermeulen, A.; Debevere, J.; *Food Microbiol.,* **2004**, *21*, 703-714.

[7] Bangyekan, C; Aht-Ong, D; Srikulkit, K.; *Carbohvdr. Polym*., **2006**, *63*, 61-67.

[8] Sashiwa, H.; Fujishima, S.; Yamano, N.; Kawasaki, N.; Nakayama, A.; Muraki, E.; Sukwattanasinitt, M.; Pichyangkura, R.; Aiba, S.; *Carbohvdr. Polym*., **2003**, *51*, 4, 391 – 395.

[9] Xu, Y. X.; Kim, K. M.; Hanna, M. A.; Nag, D.; ¨*Industrial Crops and Products*¨, **2005**, *21*, 185 – 192.

[10] Pinotti, A.; Garcia, M. A.; Martino, M. N.; Zaritzky, N. E.; *Food Hydr*., **2007**, *21*, 66 – 72.

[11] Sangsuwan, J.; Rattanapanone, N.; Rachtanapun, P.; *Postha. Biology. Tech.*, **2008**, *49*, 403 – 410.

[12] Mura, S.; Corrias, F.; Stara, G.; Piccinini, M.; SecchI, N.; Marongiu, D.; Innocenzi, P.; Irudayaraj, J.; Greppi, G.F.; *J. Food Sci.,* **2011**, N.0,1-7.

[13] Shih, C. M.; Shieh, Y. T.; Twu, Y. K.; *Polym.,* **2009**, *78*, 169 – 174.

[14] Canevarolo JR, S. V.; ¨*Ciência dos polímeros*¨. Artliber: São Paulo, 2002.

[15] Hage, E.;Pessan, L. A.; *"Aperfeiçoamento em tecnologia de plásticos. Módulo 7: blendas poliméricas"*. ABPol: São Carlos, 2001.

[16] ASTM –AMERICAN SOCIETY STANDARD TESTING AND MATERIALS. Standard test methods for tensile properties of thin plastic sheeting. D-882.West Conshohocken, PA.: ASTM. 2009.

[17] ASTM – AMERICAN SOCIETY STANDARD TESTING AND MATERIALS. Standard test methods for water vapor transmission of materials. E 9624854-1.Hiladelphia, Pa.: ASTM. 11p, 2010.

[18] Tang, C. H.; Jiang, Y.; Wen, Q. B.; Yang, X. Q.; *J. Biotechnol.,* **2005**, *120*, 296 – 307.

[19] Boutoom, T.; Chinan, M. S.; *Food Sci. Tec*., **2008**, *41*, 1633-1641.

[20] Moraes, A. R. F; Gouveia, L. E.R; Soares, N. F. F; Santos, M. M.S; Gonçalves, M. P. J. C.; *Food Sci.Tec.,* **2007**, *27*, 33 – 36.

[21] 21.Rotta, J. *Dissertação de mestrado,* Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil, 2008.

[22] SigninI, R.; Campana-Filho, S. P.; *Polím: Ciên. e Tec.,* **2001**, 11, 4, 169 – 173.

[23] Assis, O. B. G.; Silva, V. L.; *Polím: Ciên. e Tec.,* **2003**,13, 4, 223-228.

[24] Wong, D. W. S.; Gastineau, F. A.; Gastineau, F. A.; Gregorski, K. S.; Tillin, S. J.; Paulath, A. E.; *J. of Agri. and Food Che*., **1992**, *40*, 4, 540-544.

[25] Reis, A. B.; *Tese de Doutorado,* Universidade Estadual de Campinas, Brasil, 2010.

[26] Li, B.; Kennedy, J. F.; Peng, J. L.; Yie, X.; Xie., B. J.; *Carb. Polym*., **2006**, 65.

[27] Sakanaka, L. S.; *Tese de Doutorado*, Universidade Estadual de Londrina, Brasil, 2007.

[28] Butler, B.; Vergano, R.; Testin, R.; Bunn, J.; Wiles, J.; *J. Food Sci.,* **1996**, *61*, 953 – 961.

[29] Pranoto, Y.; Rakshit, S. K.; Salokhe, V. M.; *Food Sci. Tech.,* **2005**, *38*, 859–865.

[30] Rao, P. S.; Sumitha, B.; Sridhar, S.; Krishnaiah, A.; *Separation Purification Technology.* **2006**, *48*, 244-254.

[31] Wang, T.; Turhan, M.; Gunasekaran, S.; *Polym. Int*., **2004**, *53*, 911-918.

[32] Guan, Y. L.; Liu, X. F.; Zhang, Y. P.; Yao, K. D.; *J. Appl. Polym. Sci*., **1998**, *67*, 1965 – 1972.

[33] Yin, Y. J.; Yao, K. D.; Cheng G. X.; Ma, J. B.; *Polym. Int*. **1999**, *48*, 429 – 433.

[34] Cardenas, G.; Miranda. S.P.; *J. of The Amer. Chem. Soc*., **2004**, *5*, 49 – 291.

Capítulo 10

Valorização de resíduos de frutas cítricas: pectina e antocianinas na produção de bioplásticos sustentáveis

Helder de Lucena Pereira
Adriano Lima da Silva
Joyce Salviano Barros de Figueiredo
Bruna Tayane da Silva Lima
Luis Henrique da Silva Nascimento
Gabriel Monteiro da Silva

Resumo: A indústria citrícola gera grandes volumes de resíduos, especialmente cascas de laranja, que representam desafios ambientais e econômicos. A valorização desses subprodutos é essencial para promover a sustentabilidade e reduzir impactos ambientais. A química verde tem possibilitado o aproveitamento desses resíduos na produção de materiais de alto valor agregado, como bioplásticos. A casca de laranja é rica em compostos bioativos, incluindo flavonoides e pectina, os quais possuem propriedades antioxidantes E antimicrobianas, tornando-a uma excelente matéria-prima para a fabricação de filmes biodegradáveis. A pectina, um polissacarídeo presente na casca da laranja, pode contribuir significativamente na formulação de filmes biodegradáveis devido à sua capacidade gelificante, solubilidade em água e biocompatibilidade. Além disso, pode ser combinada com compostos bioativos para melhorar suas propriedades funcionais. Os filmes à base de pectina apresentam barreira ao oxigênio e compatibilidade com outros polímeros, tornando-os alternativas sustentáveis às embalagens convencionais. As antocianinas, pigmentos naturais extraídos de diversas fontes vegetais, são utilizadas como indicadores de pH em razão de sua sensibilidade às variações químicas do meio. A incorporação de antocianinas em filmes biodegradáveis permite a obtenção de embalagens inteligentes, capazes de monitorar a qualidade de produtos perecíveis, como carnes e pescados, através de mudanças de cor em resposta à liberação de compostos nitrogenados. A revisão bibliográfica realizada na plataforma *ScienceDirect* analisou publicações dos últimos cinco anos sobre a produção de filmes biodegradáveis a partir de resíduos cítricos, destacando os avanços tecnológicos na extração de pectina e na incorporação de antocianinas. Os estudos indicam que esses bioplásticos oferecem vantagens ambientais e econômicas importantes, pois reduzem o descarte inadequado de resíduos agroindustriais e proporcionam soluções inovadoras para a indústria de embalagens. Dessa forma, a aplicação de cascas de laranja na formulação de bioplásticos e embalagens inteligentes apresenta-se como uma estratégia promissora para reduzir o impacto ambiental e otimizar recursos renováveis. Além de minimizar o desperdício, esses materiais contribuem para a transição para uma economia circular, impulsionando a sustentabilidade do setor agroindustrial.

Palavras-chave: pectina, casca de laranja, filmes biodegradáveis.

1. INTRODUÇÃO

Devido à alta produção e processamento global de cítricos, grandes volumes de subprodutos e resíduos são gerados, causando problemas significativos na gestão de descarte, além de representar um custo econômico elevado para a indústria cítrica (Krivošija *et al.*, 2023). Os princípios da química verde oferecem uma abordagem eficiente para o aproveitamento de resíduos de frutas cítricas, transformando-os em materiais com valor agregado (Guliani *et al.*, 2024).

A laranja é uma das frutas mais consumidas no mundo, com uma produção anual que superou 75 milhões de toneladas em 2021. Durante seu processamento, são gerados diversos subprodutos, como cascas, bagaço e sementes, que necessitam de manejo adequado (Li *et al.*, 2024). As práticas atuais de gestão de resíduos de laranja limitam-se a usos de baixo valor, como alimentação animal, compostagem e descarte em aterros, gerando alto impacto ambiental. Em resposta, pesquisas têm se concentrado na valorização destes resíduos, visando a recuperação de açúcares livres, óleos essenciais, pectina e compostos bioativos, como flavonoides e polifenóis (Giannakis *et al.*, 2023).

No que diz respeito à casca de laranja (*Citrus sinensis*), embora seja frequentemente tratada como um subproduto da indústria agroindustrial, esta constitui uma rica fonte de flavonoides. Tais compostos fenólicos bioativos possuem diversas propriedades, como atividade antioxidante (Gupta *et al.*, 2024), antimicrobianas (Lai *et al.*, 2024), anti-inflamatória (Guo *et al.*, 2024), anticancerígena (Hamai *et al.*, 2023) e antiaterosclerótica (Liu *et al.*, 2021) (Peron *et al.*, 2024; Chávez-Delgado *et al.*, 2025). Essas propriedades as tornam apropriadas para várias aplicações industriais, incluindo a inibição da oxidação lipídica em carnes e a ampliação da vida útil de produtos perecíveis, quando incorporados em embalagens alimentares e filmes (Niglio *et al.*, 2024).

O elevado teor de pectina presente nas cascas de laranja, que varia entre 30 e 45 %, confere uma excelente capacidade de formação de filme, possibilitando a produção de películas compostas predominantemente por esse resíduo agroalimentar (Quilez-Molina *et al.*, 2023). A valorização das cascas da laranja para a extração de pectina tem se tornado cada vez mais relevante, uma vez que esse processo contribui para a redução do volume de resíduos gerados, além de oferecer uma alternativa aos compostos de origem sintética (Iñiguez-Moreno *et al.*, 2024).

Os materiais de embalagem à base de pectina destacam-se por suas propriedades de barreira ao oxigênio, bioatividade intrínseca, compatibilidade com outros biopolímeros e custo acessível. Além de serem facilmente biodegradáveis, esses materiais prolongam a vida útil dos alimentos, melhoram sua qualidade e funcionam como barreiras eficazes, permitindo assim o controle da liberação de ingredientes e regulando a troca de gases e umidade (Bocker; Silva, 2024).

Filmes inteligentes, caracterizados por seu tamanho reduzido, baixo custo e rápida precisão, apresentam-se como uma estratégia promissora para fornecer informações em tempo real sobre a qualidade de carne e pescados. Esses filmes são geralmente compostos por uma matriz sólida que contém um corante sensível ao pH. Tal corante reage com os metabólitos do produto alimentício, promovendo uma mudança de cor que facilita o monitoramento do frescor. Comparadas aos corantes sintéticos, as antocianinas (indicadores naturais) são mais adequadas devido à sua segurança, sustentabilidade ambiental e alta sensibilidade ao pH (Huang *et al.*, 2024).

Este estudo teve como objetivo revisar o uso de resíduos agroindustriais na formulação de embalagens inteligentes, com ênfase na aplicação da pectina extraída da casca de laranja e de antocianinas. A revisão bibliográfica foi conduzida na plataforma *ScienceDirect*, considerando publicações dos últimos cinco anos e utilizando as palavras-chave *orange peel*, *pectin*, *anthocyanin* e *bioplastics*. O estudo discute os benefícios ambientais e econômicos da incorporação de subprodutos agroindustriais na formulação de bioplásticos, destacando seu potencial para reduzir o desperdício, otimizar recursos renováveis e impulsionar soluções sustentáveis no setor de embalagens.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 APROVEITAMENTO DE RESÍDUOS DE FRUTAS CÍTRICAS

As indústrias de processamento de alimentos, em particular aquelas do setor de frutas, geram volumes expressivos de resíduos que demandam uma gestão eficiente. Para o manejo adequado desses resíduos, são empregadas técnicas como reciclagem, incineração controlada ou deposição em aterros sanitários (Aguiar *et al.*, 2008). Os resíduos provenientes da agroindústria apresentam uma variedade de compostos, entre os quais se destacam açúcares, proteínas e minerais. A perda e o desperdício de frutas vão além do descarte de alimentos, implicando também no desperdício de recursos essenciais como água, solo, insumos químicos, fertilizantes, mão de obra e energia (Ahmed; Taie; Abdel Wahab, 2023).

Carranza-Méndez *et al.* (2022) e Bansode *et al.* (2024) estimam que, globalmente, cerca de 1,3 bilhão de toneladas de resíduos é gerado anualmente, representando aproximadamente um terço da produção de alimentos destinada ao consumo humano. No caso específico da citricultura, mais de 115 milhões de toneladas são produzidas por ano, das quais 15 % dessa produção é direcionada para a fabricação de sucos. Durante o processamento de suco, cerca de 45 a 50 % dos resíduos gerados são constituídos por cascas de frutas cítricas. Esses resíduos, que incluem sementes, cascas e membranas, representam aproximadamente 50 a 60 % do peso total da fruta.

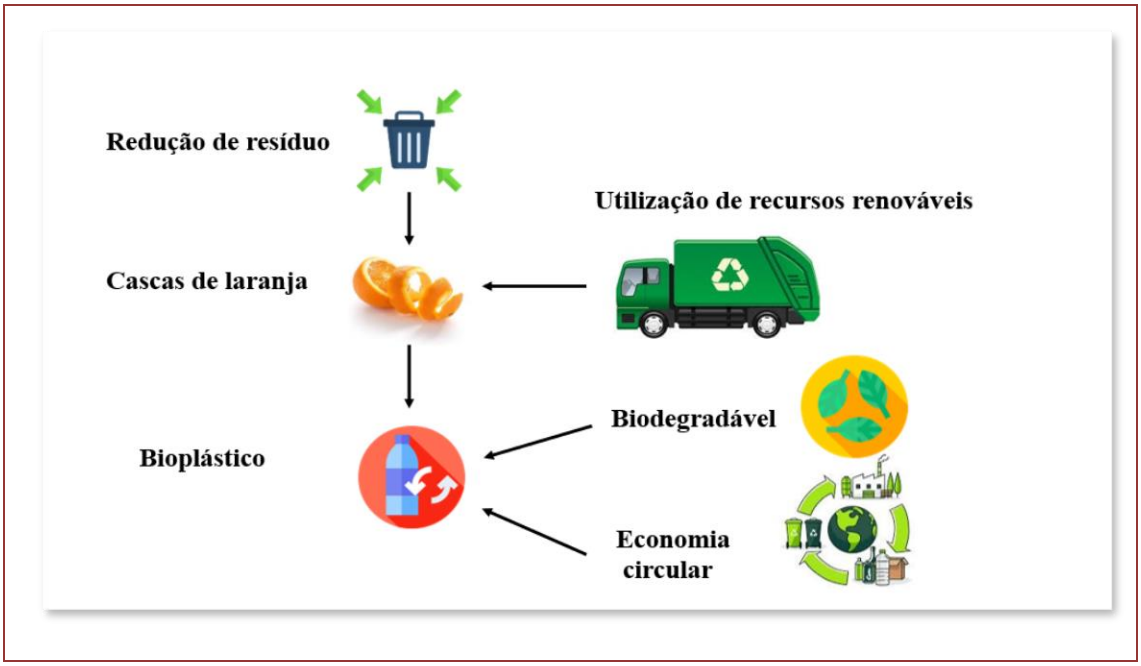
Entre os diversos produtos agrícolas, a laranja destaca-se como uma das frutas mais importantes e amplamente consumidas, seja de forma direta ou, predominantemente, processada em derivados como sucos e marmeladas. Durante a produção de suco, estima-se que aproximadamente 50 % do peso da fruta resulte em grandes quantidades de resíduos, compostos principalmente por cascas e membranas segmentadas.

A casca de laranja é um subproduto barato e acessível. O resíduo é rico em polissacarídeos insolúveis, como pectina (42,5 % do peso seco), celulose (9,21 % do peso seco) e hemicelulose (10,5 % do peso seco), além de conter carboidratos solúveis, como glicose, sacarose e frutose (Carranza-Méndez *et al.*, 2022; Gasparre *et al.*, 2024). A composição química dos resíduos cítricos oferece diferentes alternativas para a produção de produtos de valor agregado (Firdaus; Ahmad; Zaidi, 2024) e de vetores energéticos (Banerjee *et al.*, 2024), contribuindo para o fechamento do ciclo produtivo (bioeconomia circular) e aumentando a sustentabilidade das cadeias de valor que compõe a indústria de frutas cítricas (Restrepo-Serna; Cardona-Alzate, 2024).

A conversão de cascas de laranja em produtos economicamente sustentáveis, é essencial para reduzir a queima indiscriminada desses resíduos. Ao utilizar as cascas de laranja como uma matéria-prima para indústrias de produtos químicos, abre-se a possibilidade de geração de um fluxo de renda secundário e promover o uso racional destes recursos

(Kariim *et al.*, 2024). Neste sentido, com o objetivo de otimizar o processo e minimizar a poluição ambiental, os resíduos de casca de laranja tem sido valorizados por meio de sua conversão em produtos de alto valor agregado, como bioquímicos (Khalili *et al.*, 2022), biocombustíveis (Mawlid *et al.*, 2024) e biopolímeros (Mihalyi *et al.*, 2024) ((Hammad Hussain *et al.*, 2024) O esquema da Figura 1 ilustra a aplicação da pectina extraída da casca de laranja na formulação de embalagens biodegradáveis.

Figura 1. Pectina extraída da casca de laranja na formulação de embalagens biodegradáveis

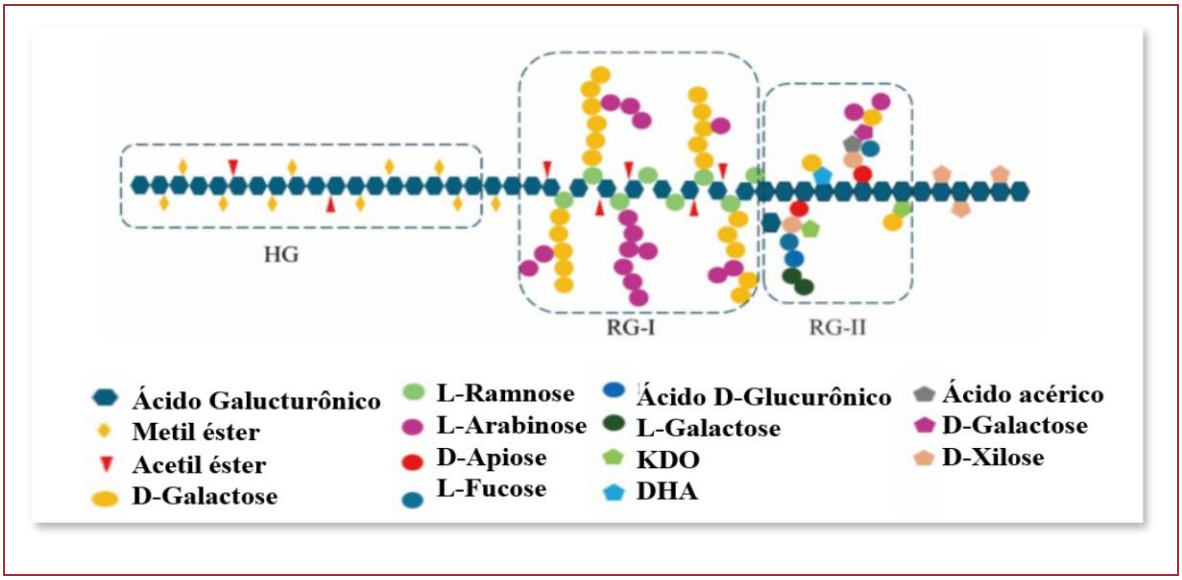


Fonte: Autores (2025).

2.2. PECTINA

A pectina é um polissacarídeo complexo que compõe aproximadamente 30 % da massa seca das cascas de frutas cítricas, sendo estas uma das principais fontes para sua extração industrial (Iñiguez-Moreno *et al.*, 2024). A pectina extraída em escala comercial é amplamente empregada na indústria alimentícia, em razão de suas propriedades gelificantes e estabilizantes (Zhao *et al.*, 2024). O ácido α-galacturônico, que constitui a estrutura principal da pectina, é ligado por meio de ligações α-1,4-glicosídicas, nas quais as unidades de açúcar estão conectadas para formar cadeias laterais (Chinnathambi *et al.*, 2024). A estrutura ramificada, de natureza aniônica, a solubilidade em água e a insolubilidade em solventes orgânicos conferem ao polissacarídeo um elevado potencial como polímero biodegradável e biocompatível para a produção de filmes (Firdaus; Ahmad; Zaidi, 2024). A Figura 2 ilustra a estrutura geral da pectina.

Figura 2. Estrutura da pectina



Fonte: Adaptado de Zhang *et al.* (2025).

A pectina pode ser aplicada diretamente aos alimentos ou utilizada como um revestimento comestível em forma de filme pré-formado. Além de suas funções como revestimento, a pectina apresenta atividade antioxidante, que pode ser potencializada pela adição de cargas bioativas funcionais aos filmes, conferindo propriedades antibacterianas ou ainda aumentando sua propriedade antioxidante. Essa atividade antioxidante é atribuída à presença de grupos doadores de elétrons, como carboxila, hidroxila e metoxi, especialmente no ácido galacturônico (Roy *et al.*, 2023).

A estrutura e a composição da pectina variam de acordo com sua fonte e as condições específicas aplicadas no processo de extração (Drishya; Wani, 2024). As pectinas podem ser extraídas por diversos métodos, como extração ultrassônica (Chandrasekar *et al.*, 2024), por calor eletromagnético (Yang *et al.*, 2024), por ultra-alta pressão (Guo *et al.*, 2012), água subcrítica (Cui *et al.*, 2022), extração enzimática (Lai *et al.*, 2024) e assistida por micro-ondas (Peron *et al.*, 2024) (Hossain *et al.*, 2024).

Dentre os métodos de extração disponíveis, as técnicas convencionais de extração por solvente, são amplamente utilizadas em laboratórios e indústrias devido à sua simplicidade operacional, escalabilidade e baixo custo (Lai *et al.*, 2024). A extração de pectina por solvente é um processo físico-químico em múltiplas etapas, envolvendo a hidrólise do tecido vegetal e a solubilização da pectina em solventes adequados, influenciado por fatores como temperatura, pH e tempo. Diversos ácidos minerais, como sulfúrico, nítrico e clorídrico, além de ácidos orgânicos como o cítrico e tartárico, são comumente utilizados na extração de pectina a partir de cascas de frutas (Karim *et al.*, 2022).

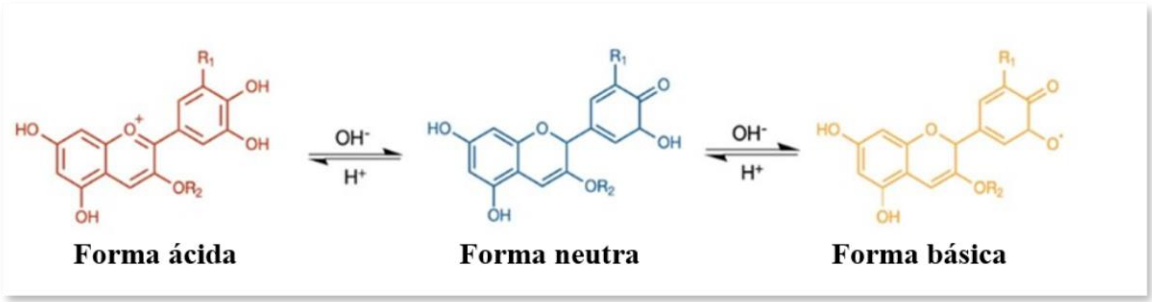
2.3. ANTOCIANINAS

Considerando os potenciais efeitos adversos dos corantes sintéticos de pH na saúde humana, os pigmentos naturais sensíveis a essa variação representam uma alternativa mais segura, oferecendo vantagens como não toxicidade, renovabilidade, fácil obtenção e alta sensibilidade em uma ampla faixa de pH (Rashidi Karambasti; Shavisi, 2024). As

antocianinas, compostos naturais, pertencente à classe dos flavonoides, são um tipo de metabólito secundário das plantas. Essas substâncias, acessíveis e de baixo custo conferem cores vibrantes, como laranja, azul, roxo, rosa e vermelho, a flores e frutos de diversas plantas, podendo ser extraídas de várias fontes, incluindo produtos vegetais e resíduos alimentares (Mendes *et al.*, 2022).

Durante o armazenamento de carne e pescados, a degradação de compostos nitrogenados eleva os valores de pH, alterando a estrutura das antocianinas e proporcionando uma resposta de cor confiável (Huang *et al.*, 2024). A mudança de cor do filme, resultante da liberação de compostos voláteis, especialmente a amônia gerada pela degradação proteica, pode ser facilmente percebida pelos consumidores, proporcionando um indicador visual do frescor do alimento (Jiang *et al.*, 2022). Para He, Yue *et al.* (2022), o comportamento de mudança de cor das antocianinas baseia-se em diversos fatores, como origem e composição das antocianinas, suas interações com outras substâncias presentes, além de condições ambientais como temperatura, umidade e salinidade. A Figura 1 ilustra a estrutura e a variação de cor das antocianinas.

Figura 3. Estrutura e variação de coloração das antocianinas



Fonte: Adaptado de Suratsawadee *et al.* (2022).

2.4. FILMES À BASE DE PECTINA E ANTOCIANINAS (BIOPLÁSTICOS)

Os plásticos integram a civilização moderna, sendo utilizados em uma variedade de aplicações, incluindo embalagens, eletrônicos, indústria, construção e saúde. A maioria dos plásticos atualmente em uso consiste em polímeros não biodegradáveis derivados do petróleo (Muigano *et al.*, 2024). A crescente preocupação global com a poluição causada por plásticos e a degradação ambiental tem impulsionado pesquisas em busca de alternativas sustentáveis para embalagens de alimentos. Como resultado, pesquisadores têm investigado diversos biopolímeros como materiais biodegradáveis para embalagens, devido à sua disponibilidade, biocompatibilidade e capacidade de degradação no ambiente (Firdaus; Ahmad; Zaidi, 2024).

Diante disto, a indústria de biopolímeros surgiu, caracterizada por materiais derivados de matérias-primas alternativas, como a biomassa, e/ou que possuem propriedades biodegradáveis. Os bioplásticos são aplicados em um número crescente de setores, abrangendo desde produtos de consumo até as indústrias agrícola, eletrônica, automotiva e têxtil. No entanto, o segmento de embalagens permanece o maior, representando 48 % do mercado total de bioplásticos, com 1,07 milhão de toneladas em 2022 (Pagliarini *et al.*, 2024).

Os filmes à base de pectina podem ser produzidos a partir da técnica de fundição em solução. Este processo envolve dissolução da pectina em água destilada, seguida da adição de outros biopolímeros, resultando em uma mistura homogênea. O produto obtido é normalmente despejado em placas de petri ou sobre lâminas de vidro, seco e removido após a formação dos filmes (Kumar *et al.*, 2023). O método de fundição em solução é frequentemente utilizado devido à sua simplicidade na formação de filmes em escala laboratorial. Os principais benefícios incluem a facilidade de fabricação sem a necessidade de ferramentas especializadas e a possibilidade de processamento em temperaturas mais baixas, evitando alterações estruturais permanentes nos materiais alimentares (Roy *et al.*, 2023).

A produção de um filme estável e de superfície uniforme é essencial. Essa camada protege os alimentos da deterioração, controla a liberação de ingredientes ativos, prolonga a vida útil e serve como barreira contra umidade e gases (Bocker; Silva, 2024). Devido à alta hidrofilicidade da pectina, os filmes tendem a absorver facilmente umidade, o que é uma desvantagem para sua aplicação em embalagens de alimentos. Diante disto, a pectina é frequentemente combinada ou misturada com outros polímeros, com o objetivo de aprimorar suas propriedades mecânicas e de barreira (Zhang *et al.*, 2023).

Neste mesmo sentido, em razão da fragilidade dos filmes de pectina pura, incorpora-se plastificantes para melhorar sua flexibilidade. Compostos como glicerol, sorbitol, sacarose e polietilenoglicol são utilizados para aumentar a flexibilidade das cadeias poliméricas por meio da redução da deformação, viscosidade, densidade e carga estática dos polímeros (Chen *et al.*, 2024).

Firdaus; Ahmad, Zaidi (2024) desenvolveram filmes biodegradáveis para embalagens, produzidos a partir de pectina derivada da casca de limão e quitosana, incorporadas com extrato bioativo de folhas de Nim. A análise de cor, firmeza, sólidos solúveis totais, encolhimento, perda de peso e aparência dos damascos indicou que aqueles revestidos com o filme PCNE-5 apresentaram sinais de deterioração mais tardios, prolongando sua vida útil em 50 %. He, Yunxia *et al.* (2022) desenvolveram filmes sensores de pH baseado em álcool polivinílico (PVA) reforçado com nanocristais de celulose (CNC) e antocianinas de repolho roxo (PCA). A adição de CNC e PCA melhorou as propriedades mecânicas, resistência à umidade e barreira UV. Os filmes exibiram mudanças de cor distintas em resposta ao pH e à amônia volátil. Aplicados ao monitoramento do frescor de camarão, estas mostraram uma transição de cor visível após a deterioração.

A interação entre polissacarídeos e antocianinas tem gerado um considerável interesse na pesquisa científica (Drishya; Wani, 2024). Os sensores ou rótulos colorimétricos são comumente inseridos na parte interna das embalagens de carne e pescados, apresentando mudanças de cor à medida da deterioração do produto. Por outro lado, os filmes podem atuar diretamente como material de embalagem, incorporando propriedades de indicação do frescor e atividade antioxidante, conferidas pela presença de antocianinas (He, Yue *et al.*, 2022). A interação entre antocianinas e pectina ocorre por meio de ligações de hidrogênio entre os átomos de oxigênio dos grupos carboxílicos da pectina e os átomos de hidrogênio dos grupos hidroxila fenólicos das antocianinas, contribuindo para a maior estabilidade das antocianinas (Huang *et al.*, 2024).

Dong *et al.* (2023) prepararam filmes multifuncionais com propriedades antioxidantes, antibacterianas e sensíveis ao pH, incorporando extrato de batata-doce roxa rico em antocianinas e nanopartículas de quitosana carregadas com quercetina em uma matriz de ágar/alginato. O material produzido conseguiu estender a vida útil do camarão para cerca

de 36 horas sob refrigeração. Ji *et al.* (2024) investigaram as interações entre cátions metálicos (Mg^{2+}, Zn^{2+}, Ca^{2+}), antocianinas e polissacarídeos aniônicos (pectina e carboximetilcelulose sódica). As reações de reticulação entre os cátions metálicos e os polissacarídeos foram introduzidas para melhorar as propriedades mecânicas dos filmes e reduzir sua fragilidade sob alta umidade. Os filmes apresentaram maior estabilidade das antocianinas, sensibilidade colorimétrica aprimorada e melhor desempenho no monitoramento do frescor do camarão. Ke *et al.* (2025) produziram embalagens a partir de pectina, proteína de soro de leite e antocianinas extraídas de batata-doce roxa. Essa combinação demonstrou alta eficiência no monitoramento do frescor de camarões. A variação de cor total dos filmes apresentou uma forte correlação linear com o aumento do pH dos camarões, refletindo a degradação proteica e a geração de compostos voláteis.

Na Tabela 1, apresenta-se uma compilação de estudos que testou filmes à base de pectina extraídas de resíduos agroindustriais e antocianinas para controle de qualidade de alimentos.

Tabela 1. Filmes de pectina a partir de resíduos agroindustriais e antocianinas para embalagens de alimentos

Filmes/ Matriz	Compostos Bioativos	Alimentos testados	Temperatura de armazenamento (ºC)	Variação de cor	Tempo de reação (dias)	Autores
Cascas de limão	Antocianinas de cascas de cana-de-açúcar	Camarão e carne bovina	4	Rosa-verde	5	Jiang *et al.* (2022)
Casca de melancia	Antocianinas de repolho roxo	Carne de Carneiro	4	Malva-azul-bebe	8	Guo *et al.* (2022)
Casca de pitaia, amido de mandioca	Cianidina de mirtilos e a alizarina	Carne suína	4	Vermelho-preto-azulado	10	Zhang *et al.* (2023)
Casca de pitaia, montmorilonita	Betacianinas de casca de pitaia	Camarão	4	Vermelho-marrom	8	Jiang *et al.* (2023)
Casca de damasco	Antocianidinas de rosa	Carpa capim	4	Vermelho-amarelo	14	Qiu *et al.* (2023)
Amido de semente de *Pouteria campechiana*	Antocianinas de casca de maracujá roxo	Camarão	1	Rosa-verde	3	Jiang; Zhang, Jiang (2023)

A Tabela 1 apresenta uma comparação entre diferentes filmes biodegradáveis incorporados com compostos bioativos, destacando suas aplicações no monitoramento da qualidade de alimentos perecíveis. Os resultados demonstram que os filmes, formulados a partir de matrizes naturais como cascas de frutas e amidos, apresentam sensibilidade a variações químicas decorrentes da degradação dos alimentos, evidenciada pela mudança de cor. Esse efeito é particularmente relevante para a aplicação em embalagens inteligentes, permitindo a detecção visual do frescor dos produtos. A

presença de antocianinas e outros pigmentos naturais, como cianidina e betacianinas, confere aos filmes propriedades responsivas ao pH, tornando-os eficazes na detecção da deterioração de carnes e frutos do mar.

Outro aspecto relevante é a influência da matriz polimérica e da fonte de antocianina na estabilidade e no tempo de resposta dos filmes. O filme baseado em amido de semente de *Pouteria campechiana*, por exemplo, apresentou a resposta mais rápida (3 dias), enquanto o filme de casca de damasco manteve-se estável por até 14 dias antes da variação de cor, sugerindo que a composição da matriz pode afetar a difusão e a degradação dos pigmentos bioativos. Além disso, a temperatura de armazenamento foi mantida entre 1 e 4°C em todos os casos, o que reforça a aplicabilidade desses filmes para alimentos refrigerados, ampliando sua relevância para a indústria alimentícia.

A diversidade de variações de cor observadas sugere que diferentes tipos de antocianinas e pigmentos naturais possuem sensibilidades distintas a compostos liberados durante a degradação dos alimentos, como aminas voláteis e ácidos orgânicos. Isso pode permitir o desenvolvimento de filmes específicos para diferentes produtos alimentícios, otimizando a resposta visual e a precisão do monitoramento. Dessa forma, os resultados apresentados na tabela reforçam o potencial dos filmes biodegradáveis como uma alternativa sustentável e funcional para embalagens inteligentes, contribuindo para a segurança alimentar e a redução do desperdício de alimentos.

3. CONCLUSÃO

A utilização de resíduos agroindustriais na formulação de embalagens é uma solução promissora, e que pode impulsionar o setor. Ao reutilizar esses subprodutos abundantes, é possível reduzir o desperdício, aproveitar recursos renováveis e contribuir significativamente para a redução da poluição ambiental. A incorporação de biopolímeros como a pectina na produção de filmes biodegradáveis não apenas melhora as propriedades estruturais e funcionais das embalagens, mas também amplia sua viabilidade comercial. A substituição de materiais sintéticos por alternativas renováveis contribui para a redução da dependência de polímeros de origem fóssil e incentiva o desenvolvimento de tecnologias mais sustentáveis.

A revisão evidenciou que a casca de laranja é, particularmente, uma opção viável de pectina para a formulação de embalagens biodegradáveis, devido às suas propriedades gelificantes, solubilidade em água e biocompatibilidade. Os estudos analisados demonstraram que filmes produzidos com pectina podem apresentar boas características mecânicas e de barreira, especialmente quando combinados com plastificantes e outros biopolímeros. Além disso, observou-se que a modificação química da pectina e a adição de compostos bioativos podem ampliar suas funcionalidades, tornando as embalagens mais resistentes e, em alguns casos, com propriedades antioxidantes ou antimicrobianas.

Dessa forma, a valorização de resíduos agroindustriais na formulação de embalagens biodegradáveis representa um avanço significativo para a economia circular, aliando inovação tecnológica e responsabilidade ambiental. A adoção de estratégias que promovam o reaproveitamento desses subprodutos pode fortalecer o setor, estimular políticas sustentáveis e contribuir para a mitigação dos impactos ambientais associados ao descarte de plásticos convencionais.

REFERÊNCIAS

[1] AGUIAR, L.; MÁRQUEZ-MONTESINOS, F.; GONZALO, A.; SÁNCHEZ, J. L.; ARAUZO, J. Influence of temperature and particle size on the fixed bed pyrolysis of orange peel residues. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis,** v. 83, n. 1, p. 124-130, 2008.

[2] AHMED, S. A.; TAIE, H. A. A.; ABDEL WAHAB, W. A. Antioxidant capacity and antitumor activity of the bioactive protein prepared from orange peel residues as a by-product using fungal protease. **International Journal of Biological Macromolecules,** v. 234, p. 123578, 2023.

[3] BANERJEE, S.; KUNDU, D.; DEY, S.; KUMBHAKAR, P.; MAHAPATRA, P. L.; KARMAKAR, S.; TIWARI, C. S.; BANERJEE, R. A cleaner and eco-friendly approach to simultaneous extraction and characterization of essential oil and pectin from Assam lemon peel and its application for energy generation through TENG devices. **Heliyon,** v. 10, n. 15, p. e32999, 2024.

[4] BANSODE, V.; JADDU, S.; CHANDRA PANDA, T.; DALBHAGAT, C. G.; SETH, D.; ROY, S. S.; GOSH, D.; PRADHAN, R. C.; DWIVEDI, M. Hurdle approach of plasma-activated water pretreatment with debittering treatment on naringin and limonin content of sweet orange peel powder. **Food Bioscience,** v. 60, p. 104431, 2024.

[5] BOCKER, R.; SILVA, E. K. Sustainable pectin-based film for carrying phenolic compounds and essential oil from Citrus sinensis peel waste. **Food Bioscience,** v. 61, p. 104526, 2024.

[6] CARRANZA-MÉNDEZ, R. C.; CHÁVEZ-GONZÁLEZ, M. L.; SEPÚLVEDA-TORRE, L.; AGUILAR, C. N.; GOVEA-SALAS, M.; RAMOS-GONZÁLEZ, R. Production of single cell protein from orange peel residues by Candida utilis. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology,** v. 40, p. 102298, 2022.

[7] CHANDRASEKAR, C. M.; CARULLO, D.; SAITTA, F.; KRISHNAMACHARI, H.; BELLESIA, T.; NESPOLI, L.; CANEVA, E.; BASCHIERI, C.; SIGNORELLI, M.; BARBIROLI, A. G.; FESSAS, D.; FARRIS, S.; ROMANO, D. Valorization of citrus peel industrial wastes for facile extraction of extractives, pectin, and cellulose nanocrystals through ultrasonication: An in-depth investigation. **Carbohydrate Polymers,** v. 344, p. 122539, 2024.

[8] CHÁVEZ-DELGADO, E. L.; GASTÉLUM-ESTRADA, A.; PÉREZ-CARRILLO, E.; RAMOS-PARRA, P. A.; ESTARRÓN-ESPINOSA, M.; REZA-ZALDÍVAR, E. E.; HERNÁNDEZ-BRENES, C.; MORA-GODÍNEZ, S.; DE LOS SANTOS, B. E.; GUERRERO-ANALCO, J. A.; MONRIBOT-VILLANUEVA, J. L.; OROZCO-SÁNCHEZ, N. E.; JACOBO-VELÁZQUEZ, D. A. Bioactive properties of spearmint, orange peel, and baby sage oleoresins obtained by supercritical CO2 extraction and their integration into dark chocolate. **Food Chemistry,** v. 463, p. 141306, 2025.

[9] CHEN, H.; SHANG, K.; BIAN, X.; ZHAO, Z.; LIU, Y.; LIN, X.; WANG, L.; ZHANG, W.; HU, X.; GUO, X. Enhanced functional pectin films incorporated with olive fruit extracts prepared by deep eutectic solvents. **Food Packaging and Shelf Life,** v. 46, p. 101361, 2024.

[10] CHINNATHAMBI, S.; KUMAR, P. S.; SHUPRAJHAA, T.; SHIVA, K. N.; NARAYANAN, S. Elucidation of techno-functional, structural and rheological characteristics of pectin extracted from the peel of different banana (Musa. spp) varieties. **International Journal of Biological Macromolecules,** v. 258, p. 128989, 2024.

[11] CUI, Y.; WANG, S.; WANG, S.; CAO, S.; WANG, X.; LÜ, X. Extraction optimization and characterization of persimmon peel pectin extracted by subcritical water. **Food Chemistry: X,** v. 16, p. 100486, 2022.

[12] DONG, S.; ZHANG, Y.; LU, D.; GAO, W.; ZHAO, Q.; SHI, X. Multifunctional intelligent film integrated with purple sweet potato anthocyanin and quercetin-loaded chitosan nanoparticles for monitoring and maintaining freshness of shrimp. **Food Packaging and Shelf Life,** v. 35, p. 101022, 2023.

[13] DRISHYA, C. M.; WANI, K. M. Exploring muskmelon peel as a novel source of pectin: Extraction methods and applications. **Food and Humanity,** v. 3, p. 100331, 2024.

[14] FIRDAUS, S.; AHMAD, F.; ZAIDI, S. Preparation and characterization of biodegradable food packaging films using lemon peel pectin and chitosan incorporated with neem leaf extract and its application on apricot fruit. **International Journal of Biological Macromolecules,** v. 263, p. 130358, 2024.

[15] GASPARRE, N.; GARZON, R.; MARÍN, K.; ROSELL, C. M. Exploring the integration of orange peel for sustainable gluten-free flatbread making. **LWT,** v. 198, p. 115969, 2024.

[16] GIANNAKIS, N.; CARMONA-CABELLO, M.; MAKRI, A.; LEIVA-CANDIA, D.; FILIPPI, K.; ARGEITI, C.; PATERAKI, C.; DORADO, M. P.; KOUTINAS, A.; STYLIANOU, E. Spent coffee grounds and orange peel residues based biorefinery for microbial oil and biodiesel conversion estimation. **Renewable Energy,** v. 209, p. 382-392, 2023.

[17] GULIANI, E.; SHARMA, R.; PATHAK, V. V.; PAL SINGH, J.; BANGA, S. Synthesis of Calcium Carbonate from Orange Peel Waste Extract: A Mechanistic Investigation. **Materials Letters,** v. 374, p. 137181, 2024.

[18] GUO, X.; HAN, D.; XI, H.; RAO, L.; LIAO, X.; HU, X.; WU, J. Extraction of pectin from navel orange peel assisted by ultra-high pressure, microwave or traditional heating: A comparison. **Carbohydrate Polymers,** v. 88, n. 2, p. 441-448, 2012.

[19] GUO, Y.; CHANG, X.; ZHENG, B.; XIE, J.; CHEN, Y.; SHAN, J.; HU, X.; YU, Q. Bound polyphenols from insoluble dietary fiber of navel orange peel alleviates cellular inflammation by inhibiting LPS-induced NF-κB/JAK-STAT pathway in RAW264.7 macrophages. **Food Bioscience,** v. 59, p. 104044, 2024.

[20] GUO, Z.; ZUO, H.; LING, H.; YU, Q.; GOU, Q.; YANG, L. A novel colorimetric indicator film based on watermelon peel pectin and anthocyanins from purple cabbage for monitoring mutton freshness. **Food Chemistry,** v. 383, p. 131915, 2022.

[21] GUPTA, A.; HAQUE, B.; ROY, A.; MALIK, A.; ALI KHAN, A.; KAUR, K.; ROY, A. Antioxidant, dye degradation, and molecular docking studies of orange peel extract derived Ag-Fe-Ni nanoparticles. **Inorganic Chemistry Communications,** v. 166, p. 112599, 2024.

[22] HAMAI, H.; ABDOUN-OUALLOUCHE, K.; NACERKHODJA, A.; ABDELHAFID, K.; DJEFAL-KERRAR, A. Production of modified pectins as anti-cancer agents from orange peel. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre,** v. 29, p. 100348, 2023.

[23] HAMMAD HUSSAIN, M.; SAJID, S.; MARTUSCELLI, M.; ALDAHMASH, W.; ZUBAIR MOHSIN, M.; ASHRAF, K.; GUO, M.; MOHSIN, A. Sustainable biosynthesis of lycopene by using evolutionary adaptive recombinant Escherichia coli from orange peel waste. **Heliyon,** v. 10, n. 14, p. e34366, 2024.

[24] HE, Y.; LI, B.; DU, J.; CAO, S.; LIU, M.; LI, X.; REN, D.; WU, X.; XU, D. Development of pH-responsive absorbent pad based on polyvinyl alcohol/agarose/anthocyanins for meat packaging and freshness indication. **International Journal of Biological Macromolecules,** v. 201, p. 203-215, 2022.

[25] HE, Y.; LU, L.; LIN, Y.; LI, R.; YUAN, Y.; LU, X.; ZOU, Y.; ZHOU, W.; WANG, Z.; LI, J. Intelligent pH-sensing film based on polyvinyl alcohol/cellulose nanocrystal with purple cabbage anthocyanins for visually monitoring shrimp freshness. **International Journal of Biological Macromolecules,** v. 218, p. 900-908, 2022.

[26] HOSSAIN, M. M.; ARA, R.; YASMIN, F.; SUCHI, M.; ZZAMAN, W. Microwave and ultrasound assisted extraction techniques with citric acid of pectin from Pomelo (Citrus maxima) peel. **Measurement: Food,** v. 13, p. 100135, 2024.

[27] HUANG, K.; WANG, L.; DENG, Y.; ZHENG, H.; WU, S.; LI, Z.; LEI, H.; YU, Q.; GUO, Z. Development of amine-sensitive intelligent film with MIL-100(Fe) as function filler based on anthocyanins/pectin for monitoring chilled meat freshness. **International Journal of Biological Macromolecules,** v. 270, p. 132463, 2024.

[28] IÑIGUEZ-MORENO, M.; PIZAÑA-ARANDA, J. J. P.; RAMÍREZ-GAMBOA, D.; RAMÍREZ-HERRERA, C. A.; ARAÚJO, R. G.; FLORES-CONTRERAS, E. A.; IQBAL, H. M. N.; PARRA-SALDÍVAR, R.; MELCHOR-MARTÍNEZ, E. M. Enhancing pectin extraction from orange peel through citric acid-assisted optimization based on a dual response. **International Journal of Biological Macromolecules,** v. 263, p. 130230, 2024.

[29] JI, R.; ZHANG, X.; CHEN, Z.; SONG, S.; LI, Y.; ZHANG, X.; ZHANG, W. Effect of metal cation crosslinking on the mechanical properties and shrimp freshness monitoring sensitivity of pectin/carboxymethyl cellulose sodium/anthocyanin intelligent films. **Carbohydrate Polymers,** v. 340, p. 122285, 2024.

[30] JIANG, H.; ZHANG, W.; CAO, J.; JIANG, W. Effect of purple sugarcane peel extracts on properties of films based on lemon peel waste pectin and the application in the visible detection of food freshness. **Food Hydrocolloids,** v. 133, p. 107982, 2022.

[31] JIANG, H.; ZHANG, W.; JIANG, W. Effects of purple passion fruit peel extracts on characteristics of Pouteria campechiana seed starch films and the application in discernible detection of shrimp freshness. **Food Hydrocolloids,** v. 138, p. 108477, 2023.

[32] JIANG, H.; ZHANG, W.; PU, Y.; CHEN, L.; CAO, J.; JIANG, W. Development and characterization of a novel active and intelligent film based on pectin and betacyanins from peel waste of pitaya (Hylocereus undatus). **Food Chemistry,** v. 404, p. 134444, 2023.

[33] KARIIM, I.; PARK, J.-Y.; KAZMI, W. W.; SWAI, H.; LEE, I.-G.; KIVEVELE, T. Solvothermal liquefaction of orange peels into biocrude: An experimental investigation of biocrude yield and energy compositional dependency on process variables. **Bioresource Technology,** v. 391, p. 129928, 2024.

[34] KARIM, R.; NAHAR, K.; ZOHORA, F. T.; ISLAM, M. M.; BHUIYAN, R. H.; JAHAN, M. S.; SHAIKH, M. A. A. Pectin from lemon and mango peel: Extraction, characterisation and application in biodegradable film. **Carbohydrate Polymer Technologies and Applications,** v. 4, p. 100258, 2022.

[35] KE, F.; YANG, M.; JI, W.; LIU, D. Functional pH-sensitive film based on pectin and whey protein for grape preservation and shrimp freshness monitoring. **Food Chemistry,** v. 463, p. 141092, 2025.

[36] KHALILI, H.; EBRAHIMIAN PIRBAZARI, A.; ESMAEILI KHALIL SARAEI, F.; MOUSAVI, S. H.; ESMAEILI, A.; DERAKHSHESH, A.; ZANDIEH, M.; KHODAEE, Z. Recyclable magnetic orange peel residues modified by anionic surfactant for basic blue 9 removal: Experimental study and machine learning modeling. **Materials Today Communications,** v. 33, p. 104222, 2022.

[37] KRIVOŠIJA, S.; JERKOVIĆ, I.; NASTIĆ, N.; ZLOH, M.; JOKIĆ, S.; BANOŽIĆ, M.; ALADIĆ, K.; VIDOVIĆ, S. Green pathway for utilisation of orange peel dust and in silico evaluation of pharmacological potential. **Microchemical Journal,** v. 193, p. 109132, 2023.

[38] KUMAR, S.; REDDY, A. R. L.; BASUMATARY, I. B.; NAYAK, A.; DUTTA, D.; KONWAR, J.; PURKAYASTHA, M. D.; MUKHERJEE, A. Recent progress in pectin extraction and their applications in developing films and coatings for sustainable food packaging: A review. **International Journal of Biological Macromolecules,** v. 239, p. 124281, 2023.

[39] LAI, C.; HUANG, M.; XIONG, Q.; LIANG, Y.; JIANG, Y.; ZHANG, J. Green and efficient approach to extract bioactive flavonoids with antioxidant, antibacterial, antiglycation, and enzyme inhibitory activities from navel orange peel. **Sustainable Chemistry and Pharmacy,** v. 38, p. 101479, 2024.

[40] LI, C.; MCCLEMENTS, D. J.; DAI, T.; JIANG, D.; DENG, L.; LIU, C.; CHEN, J. Improving food sustainability by converting orange peel waste products into hydrogels using stirred media milling. **Journal of Food Engineering,** v. 366, p. 111813, 2024.

[41] LIU, N.; LI, X.; ZHAO, P.; ZHANG, X.; QIAO, O.; HUANG, L.; GUO, L.; GAO, W. A review of chemical constituents and health-promoting effects of citrus peels. **Food Chemistry,** v. 365, p. 130585, 2021.

[42] MAWLID, O. A.; ABDELHADY, H. H.; ABD EL-MOGHNY, M. G.; HAMADA, A.; ABDELNABY, F.; KASED, M.; AL-BAJOURI, S.; ELBOHY, R. A.; EL-DEAB, M. S. Clean approach for catalytic biodiesel production from waste frying oil utilizing K2CO3/Orange peel derived hydrochar via RSM Optimization. **Journal of Cleaner Production,** v. 442, p. 140947, 2024.

[43] MENDES, J. F.; NORCINO, L. B.; MANRICH, A.; DE OLIVEIRA, T. J. P.; MENDES, R. F.; MATTOSO, L. H. C. Pectin-based color indicator films incorporated with spray-dried Hibiscus extract microparticles. **Food Research International,** v. 162, p. 111914, 2022.

[44] MUIGANO, M. N.; ONGUSO, J. M.; ANAMI, S. E.; MAUTI, G. O. Moderately halophilic bacterium Halomonas alkalicola strain Ext as a platform for poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) copolymer production with fruit peels residues as sole carbon source. **The Microbe,** v. 4, p. 100153, 2024.

[45] NIGLIO, S.; RAZOLA-DÍAZ, M. D. C.; WAEGEMAN, H.; VERARDO, V. Food grade pilot scale strategy for non-thermal extraction and recovery of phenolic compounds from orange peels. **LWT,** v. 205, p. 116538, 2024.

[46] PAGLIARINI, E.; MINICHIELLO, C.; SISTI, L.; TOTARO, G.; BAFFONI, L.; DI GIOIA, D.; SACCANI, A. From food waste to eco-friendly functionalized polymer composites: Investigation of orange peels as active filler. **New Biotechnology,** v. 80, p. 37-45, 2024.

[47] PERON, G.; BERNABÉ, G.; MARCHELUZZO, S.; ZENGIN, G.; IBRAHIME SINAN, K.; HOŠEK, J.; TREML, J.; KAJA, I.; PACCAGNELLA, M.; BRUN, P.; CASTAGLIUOLO, I.; ZANCATO, M.; DALL'ACQUA, S. Orange fruit

peels from PDO varieties of Ribera (Sicily, Italy): An insight into the chemistry and bioactivity of volatile and non-volatile secondary metabolites extracted using a microwave-assisted method. **Journal of Functional Foods,** v. 116, p. 106147, 2024.

[48] QIU, L.; ZHANG, M.; HUANG, M.; CHITRAKAR, B.; CHANG, L. Fabrication of sodium alginate/apricot peel pectin films incorporated with rose anthocyanin-rich extract for monitoring grass carp (Ctenopharyngodon idellus) freshness. **Food Packaging and Shelf Life,** v. 39, p. 101150, 2023.

[49] QUILEZ-MOLINA, A. I.; OLIVEIRA-SALMAZO, L.; AMEZÚA-ARRANZ, C.; LÓPEZ-GIL, A.; RODRÍGUEZ-PÉREZ, M. Á. Evaluation of the acid hydrolysis as pre-treatment to enhance the integration and functionality of starch composites filled with rich-in-pectin agri-food waste orange peel. **Industrial Crops and Products,** v. 205, p. 117407, 2023.

[50] RASHIDI KARAMBASTI, P.; SHAVISI, N. Development of guar gum-pectin nanofiber mats containing Papaver rhoeas petal anthocyanins and cellulose nanocrystals for real-time visual detection of lamb meat freshness. **LWT,** v. 194, p. 115786, 2024.

[51] RESTREPO-SERNA, D. L.; CARDONA-ALZATE, C. A. Pre-feasibility assessment to obtain an extract rich in hesperidin from orange peel: A comparison of extraction technologies conventional and non-conventional. **Sustainable Chemistry and Pharmacy,** v. 38, p. 101466, 2024.

[52] ROY, S.; PRIYADARSHI, R.; ŁOPUSIEWICZ, Ł.; BISWAS, D.; CHANDEL, V.; RHIM, J.-W. Recent progress in pectin extraction, characterization, and pectin-based films for active food packaging applications: A review. **International Journal of Biological Macromolecules,** v. 239, p. 124248, 2023.

[53] SURATSAWADEE, A.; WANGMO, L.; RATVIJITVECH, T.; SIRIPINYANOND, A. A spoilage indicator card based on distance-based color change of paper impregnated with acid-base indicator for freshness monitoring of shrimp. **Microchemical Journal,** v. 175, p. 107110, 2022.

[54] YANG, N.; JIN, Y.; ZHOU, Y.; ZHOU, X. Physicochemical characterization of pectin extracted from mandarin peels using novel electromagnetic heat. **International Journal of Biological Macromolecules,** v. 262, p. 130212, 2024.

[55] ZHANG, X.; CHEN, X.; DAI, J.; CUI, H.; LIN, L. A pH indicator film based on dragon fruit peel pectin/cassava starch and cyanidin/alizarin for monitoring the freshness of pork. **Food Packaging and Shelf Life,** v. 40, p. 101215, 2023.

[56] ZHANG, X.; CUI, Y.; ZHANG, X.; ZHANG, Z.; YU, Q.; LI, T.; LI, S. Preparation and structure-function relationships of homogalacturonan-rich and rhamnogalacturonan-I rich pectin: A review. **International Journal of Biological Macromolecules,** v. 304, p. 140775, 2025.

[57] ZHAO, W.; XU, Y.; DORADO, C.; CHAU, H. K.; HOTCHKISS, A. T.; CAMERON, R. G. Modification of pectin with high-pressure processing treatment of fresh orange peel before pectin extraction: Part I. The effects on pectin extraction and structural properties. **Food Hydrocolloids,** v. 149, p. 109516, 2024.

Capítulo 11

Influência do tempo de maturação na oxigenação da carnes de bovinos nelore

Lethícia Olimpio Bueno
Lorrany Ramos do Carmo
Míriam de Andrade Pereira
Amanda Camilo Graciano
Jean Carlos dos Santos
Marcelo Stefanini Tanaka

1. INTRODUÇÃO

A cor da carne é um dos principais atributos sensoriais avaliados pelos consumidores no momento da compra, sendo amplamente associada à ideia de frescor e qualidade do produto (Bueno *et al*., 2024a; Salueña *et al*., 2019). Essa coloração é determinada majoritariamente pela mioglobina, uma proteína presente no tecido muscular que contém um grupo heme, responsável por ligar e transportar oxigênio. A tonalidade da carne varia conforme o estado de oxidação do ferro presente no grupo heme da mioglobina, e essa transformação ocorre naturalmente após o abate do animal, durante o armazenamento e exposição da carne ao oxigênio (Ramos; Gomide, 2017; King *et al*., 2023).

Na sua forma reduzida e desoxigenada, o ferro se encontra no estado ferroso (Fe^{2+}) e dá origem à deoximioglobina (DMb), pigmento de cor vermelho-púrpura, comumente observado em carnes embaladas a vácuo. Quando exposta ao oxigênio atmosférico, a DMb é convertida em oximioglobina (OMb), pigmento de cor vermelho brilhante, muito apreciada pelos consumidores. Por outro lado, a oxidação do ferro para o estado férrico (Fe^{3+}) gera metamioglobina (MMb), pigmento de coloração amarronzada, geralmente indesejada pelos consumidores (Bueno *et al*., 2024a; Cardoso *et al*., 2016).

A presença simultânea desses três pigmentos – DMb, OMb e MMb – em diferentes proporções é o que determina a cor observada na superfície do corte cárneo, sendo que a predominância de OMb tende a ser visualmente mais atrativa. A partir do momento em que há a compreensão que o pigmento da carne (mioglobina) pode sofrer transformações, favoráveis ou não do ponto de vista vendável, a manutenção e o controle da cor de carnes se tornam imprescindíveis (Cardoso *et al*., 2016). Um desses processos é conhecido como *blooming*, que consiste na exposição da carne ao oxigênio por determinado tempo antes da avaliação da cor ou exposição do corte cárneo para a venda. Estudos apontam que aproximadamente 30 minutos de exposição ao ar já são suficientes para a formação quase total de OMb na superfície, no entanto, comumente o tempo de 60 minutos de oxigenação sejam utilizados como padrão (Carvalho *et al*., 2013; Cardoso, 2015; Bueno *et al*., 2024a).

A maturação da carne impacta significativamente esses parâmetros ao longo do tempo, afetando as proporções dessas formas de mioglobina e a cor aparente da carne (Vitale *et al*., 2014; Aroeira *et al*., 2017). O processo de maturação, além de conferir maior maciez e desenvolver sabores desejáveis, influencia significativamente a coloração do produto, por meio da modulação da taxa de consumo de oxigênio (TCO) e da atividade redutora de metamioglobina (MRA) (Gomide; Ramos; Fontes, 2013; Rodrigues, 2020; Dias, 2016).

Logo após o abate, a TCO da carne é elevada, dificultando a penetração do oxigênio e, consequentemente, a formação de OMb. Com o avanço da maturação, essa taxa diminui progressivamente, favorecendo a oxigenação da mioglobina e o desenvolvimento da coloração desejável (Aroeira *et al*, 2017; Vitale *et al*., 2014). A redução da TCO está diretamente relacionada à menor atividade mitocondrial e à depleção de substratos, coenzimas e enzimas envolvidas na respiração celular (Cardoso *et al*., 2019; McKenna *et al*., 2005). Temperaturas mais baixas, como 4 °C, também contribuem para esse processo, aumentando a solubilidade do oxigênio e sua penetração nos tecidos (Ledward, 1992).

Jose e McGilchrist (2022) observaram que a profundidade de penetração do oxigênio aumenta com o tempo de exposição e com o avanço da maturação: em carnes com 5 dias post mortem, a oxigenação de 24 horas alcançou aproximadamente 2 mm de profundidade, enquanto em carnes com 40 dias, esse valor foi quase três vezes maior. Esses dados

evidenciam o impacto do tempo de maturação na capacidade de oxigenação do tecido muscular.

Outro aspecto relevante é a MRA, a capacidade endógena do músculo de reduzir MMb (Fe^{3+}) de volta à forma ferrosa (Fe^{2+}), convertendo-a em DMb, que pode ser novamente oxigenada para formar OMb (Kim; Hunt, 2011). Essa atividade enzimática depende diretamente da disponibilidade de NADH (Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo), que atua como coenzima na reação de redução (Bekhit; Faustman, 2005). No entanto, com o tempo de estocagem, a MRA tende a diminuir, comprometendo a estabilidade da cor da carne e favorecendo o aparecimento da coloração amarronzada (Bueno *et al.*, 2024a).

Assim, compreender como o tempo de maturação interfere nos mecanismos bioquímicos da mioglobina, na TCO e na MRA, permite estabelecer estratégias para prolongar a vida útil e garantir a aceitabilidade visual da carne pelo consumidor. O estudo da influência da maturação na oxigenação da carne de bovinos da raça Nelore se torna, portanto, essencial para a padronização da qualidade da carne no mercado.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. MATÉRIA-PRIMA

Foram utilizados 16 bifes de contra filé *(Longissimus thoracis* et *lumborum),* obtidos 48 horas *post mortem* das meias-carcaças esquerda e direita de 8 animais da raça Nelore, de idade e condições de abate semelhantes, abatidos em frigorífico inspecionado federalmente. Os bifes de 25 mm de espessura foram individualmente embalados à vácuo e então distribuídos aleatoriamente para os tempos de maturação de 0 e 14 dias. Os bifes do tempo zero foram imediatamente desembalados e analisados, enquanto os bifes dos tratamentos de 14 dias foram mantidos sob refrigeração (1°C) pelo tempo correspondente, conduzido em câmara climática (modelo EL202, EletroLab, Brasil). Após a remoção da embalagem, as amostras foram dispostas em bandejas brancas e o tempo de oxigenação (*blooming*) acompanhado à temperatura de 4ºC.

2.2. AVALIAÇÃO DA OXIGENAÇÃO

A avaliação instrumental da cor foi conduzida de duas formas: determinação dos índices de cor instrumental no sistema CIELAB; e estimativa da proporção das formas químicas da mioglobina. Para cada tempo de maturação, foi conduzida a leitura a cada 15 minutos de exposição ao ar atmosférico, até completar 60 minutos. Foi utilizado um colorímetro espectrofotômetro CM-700 (Konica Minolta Inc, Tokyo, Japão), com porta de abertura de 8mm, iluminante A e ângulo de 10° para o observador, considerando-se o valor médio de cinco leituras realizadas em diferentes pontos da superfície dos bifes.

Os índices luminosidade (L*), índice de vermelho (a*) e índice de amarelo (b*) foram registrados e a saturação (C*) e o ângulo de tonalidade de (h) determinados pelas seguintes fórmulas:

$$C^*=(a^*2+b^*2)0,5; \quad e \quad h=tan\text{-}1(b^*/a^*)$$

A partir das curvas de refletância entre 360 à 740 nm (intervalo de 10 nm) obtidas no modo SCI, as proporções das formas químicas da mioglobina, foram estimadas pelo

método matemático de Krzywicki (1979). Os valores intermediários (473, 525 e 572 nm) de reflectância foram determinados por interpolação linear e o conteúdo relativo dos pigmentos heme, expressos como oximioglobina (OMb), deoximioglobina (DMb) e metamioglobina (MMb).

2.3. ATIVIDADE REDUTORA DE METAMIOGLOBINA

A atividade redutora de metamioglobina (MRA) foi avaliada de acordo com o método atividade redutora de metamioglobina óxido nítrico (NORA) proposto por Watts *et al* (1966), com modificações sugeridas por Ramos e Gomide (2017). Amostras de tamanho 5,0 x 5,0 cm (e 2,5 cm de espessura) foram obtidas e cortadas ao meio, obtendo-se duas peças com 5 x 5 x 1,25 cm. As peças foram imersas em solução de nitrito de sódio 0,3% por 20 min, para induzir a formação de metamioglobina (MMb). Após imersão, as peças foram secas com papel toalha, embaladas à vácuo e o espectro de reflectância (420 a 780 nm, em intervalos de 10 nm) imediatamente obtido com um colorímetro CM-700D (Kônica Minolta Sensing Inc., Osaka, Japão) com porta de abertura de 8mm. As peças foram, então, mantidas por 2h à temperatura ambiente (25ºC), para induzir a redução da MMb a nitrosomioglobina (NOMb), quando nova leitura do espectro foi conduzida. O colorímetro foi previamente calibrado com o filme da embalagem a vácuo cobrindo a cerâmica branca padrão e as leituras das amostras foram conduzidas sobre uma placa branca de poliestireno.

A concentração relativa de MMb antes e após o período de incubação foi estimada pelo método matemático de Krzywicki. A MRA expressa como a percentagem de MMb reduzida após 2h sob vácuo. A proporção de formação de metamioglobina inicial (MMbi), medida imediatamente após oxidação das amostras com nitrito também foi registrada e utilizada como indicativo da MRA.

2.4. TAXA DE CONSUMO DE OXIGÊNIO

A taxa de consumo de oxigênio (TCO) foi avaliada pela conversão da oximioglobina (OMb) a deoximioglobina (DMb) na superfície dos cortes sob vácuo, segundo o procedimento descrito por Madhavi e Carpenter (1993), com modificações sugeridas por Ramos e Gomide (2017). Amostras de tamanho 5,0 x 5,0 cm (e 2,5 cm de espessura) foram obtidas como descrito anteriormente. A superfície recém cortada das peças foi exposta ao ar atmosférico por 60 min em ambiente refrigerado (4 ºC) para completa oxigenação (*blooming*). Após o *blooming*, as peças foram embaladas à vácuo e o espectro de reflectância (420 a 780 nm, em intervalos de 10 nm) imediatamente obtido com um colorímetro CM-700D (Kônica Minolta Sensing Inc., Osaka, Japão) com porta de abertura de 8mm. As peças foram, então, mantidas por 20 min à temperatura ambiente (25ºC), quando nova leitura do espectro foi conduzida. O colorímetro foi previamente calibrado com o filme da embalagem a vácuo cobrindo a cerâmica branca padrão e as leituras das amostras foram conduzidas sobre uma placa branca de poliestireno. A concentração relativa de OMb antes e após o período de incubação foi estimada pelo método matemático de Krzywicki, e a TCO expressa como a percentagem de OMb reduzida após 20 min sob vácuo.

2.5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

O experimento foi conduzido em um delineamento de blocos casualizados (DBC), com os blocos constituídos de diferentes animais (8 repetições). Para as análises instrumentais da cor, MRA e TCO, os dados foram dispostos em esquema de parcelas divididas, na subparcela o tempo de maturação (0 e 14 dias). Os efeitos principais e as interações dos fatores foram determinados pela análise de variância (ANOVA) e, quando necessário, pelo teste de Tukey, considerando um nível de significância de 5%. As análises estatísticas foram realizadas no software SAS, versão 9.2 (Statistical Analysis System; SAS Institute Inc., Cary, NC, EUA), utilizando o procedimento SAS GLM.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. PIGMENTOS RELATIVOS À MIOGLOBINA

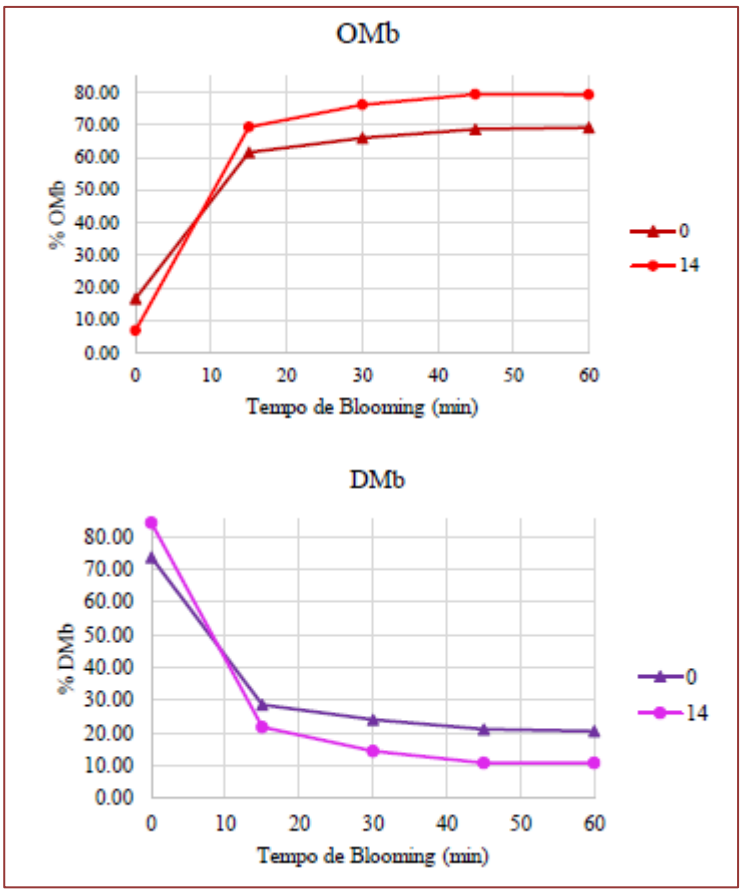
Houve efeito significativo (P<0,05) da interação entre tempo de maturação e tempo de exposição ao oxigênio (*blooming*) para os pigmentos oximioglobina (OMb) e deoximioglobina (DMb), enquanto que para a metamioglobina (MMb) apenas o tempo de oxigenação apresentou influência significativa (P<0,05). Esses dados estão representados na Figura 1.

O aumento do percentual de OMb com o avanço da exposição ao oxigênio reflete a conversão da mioglobina em sua forma oxigenada, processo essencial para o desenvolvimento da coloração vermelho brilhante apreciada pelos consumidores. Essa conversão é favorecida pelo tempo de maturação da carne, como evidenciado pela maior intensidade de OMb em amostras mais maturadas, sobretudo após 60 minutos de *blooming*. Isso corrobora a literatura, que aponta a redução progressiva da taxa de consumo de oxigênio (TCO) durante a maturação como um fator determinante para a formação de OMb (Aroeira *et al*., 2017; Vitale *et al*., 2014).

Nos primeiros dias *post mortem*, a elevada TCO — devido à intensa atividade mitocondrial e presença de substratos respiratórios — limita a penetração do oxigênio, dificultando a formação de OMb (McKenna *et al*., 2005; Cardoso *et al*., 2019). Com o avançar da maturação, a redução dessa taxa permite maior oxigenação dos tecidos, favorecendo a predominância do pigmento desejável na superfície cárnea. Jose e McGilchrist (2022) demonstraram que carnes mais maturadas apresentam maior profundidade de penetração do oxigênio, reforçando a influência do tempo *post mortem* nesse processo.

Paralelamente, observou-se redução do percentual de DMb com o aumento do tempo de exposição ao oxigênio, conforme era esperado, especialmente nas amostras mais maturadas (Bueno *et al*, 2024b). Esse resultado indica uma conversão eficiente da forma desoxigenada para a forma oxigenada da mioglobina, reforçando a maior capacidade de oxigenação da carne ao longo do tempo de maturação. A diminuição de DMb é esperada nesse contexto, já que a deoximioglobina é o pigmento predominante em carnes embaladas a vácuo, com menor contato com o oxigênio (Bueno *et al*., 2024a; Cardoso *et al*., 2016).

Figura 1. Efeito dos tratamentos na avaliação da forma redox da mioglobina na proporção oximioglobina (OMb) e deoximioglobina (DMb) durante o *blooming* (60 min/ 4°C) no músculo (*L. lumborum*) bovinos.



Fonte: Dos autores (2025).

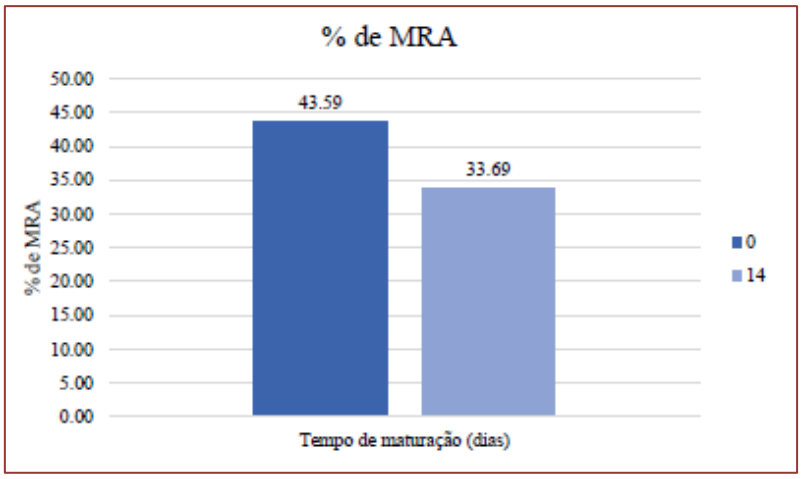
Por outro lado, o pigmento MMb foi influenciado apenas pelo tempo de *blooming*, sem efeito do tempo de maturação. Esse comportamento pode estar relacionado ao fato de que a oxidação da mioglobina para MMb é um processo que se intensifica com o tempo de exposição ao oxigênio, especialmente quando o sistema redutor de metamioglobina (MRA) já está comprometido. Ainda que a MRA diminua com o tempo de estocagem (Bekhit; Faustman, 2005), os períodos analisados neste estudo podem não ter sido longos o suficiente para comprometer significativamente essa atividade, ou ainda, a temperatura de armazenamento pode ter favorecido a manutenção da atividade redutora (Ledward, 1992).

3.2. EFEITOS SOBRE OS VALORES DE MRA, % MMBI E TCO

Os resultados obtidos demonstram mudanças relevantes nos mecanismos oxidativo e redutor da carne bovina ao longo do tempo de maturação. Observou-se uma redução na atividade da metamioglobina redutase (MRA), embora não significativos ($P>0,05$), cujos valores médios decresceram de 43,59% no dia 0 para 33,69% no dia 14 de maturação (Figura 2). A MRA é atribuída a sistemas enzimáticos que promovem a conversão da MMb (Fe^{3+}) de volta à mioglobina reduzida (Fe^{2+}), restabelecendo o

potencial da carne em formar oximioglobina (OMb) quando exposta ao oxigênio (Bekhit; Faustman, 2005; Kim *et al*., 2011). A queda na MRA com o tempo de estocagem está associada à degradação de enzimas, esgotamento de coenzimas redutoras como NADH/NADPH e alterações no pH muscular pós- morte, o que compromete a estabilidade da coloração da carne (McKenna *et al*., 2005).

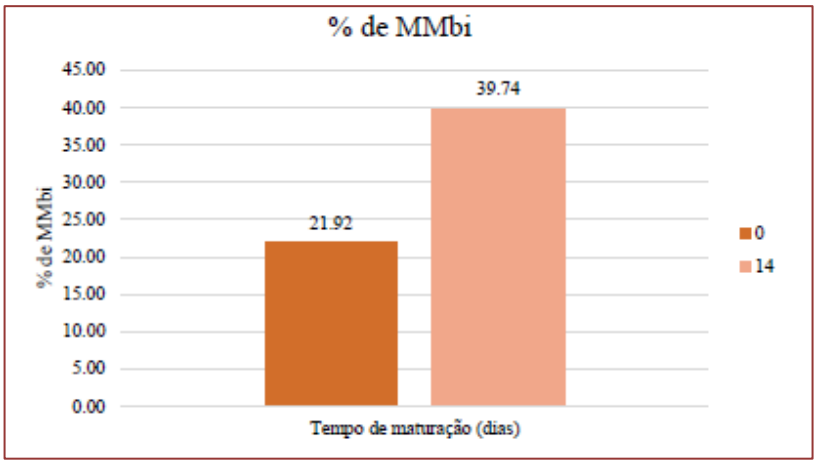
Figura 2. Efeito dos tratamentos na avaliação da metamioglobina redutase (MRA) no músculo (*L. lumborum*) bovinos maturados e não maturados.



Fonte: Dos autores (2025).

Simultaneamente, houve um aumento expressivo e significativo (P<0,05) nos teores de metamioglobina inicial (MMbi), de 21,92% para 39,74% (Figura 3), refletindo uma menor capacidade antioxidante do tecido ao longo do tempo. Esses resultados sugerem que a capacidade do músculo de reduzir a metamioglobina diminui à medida que avança o processo de maturação.

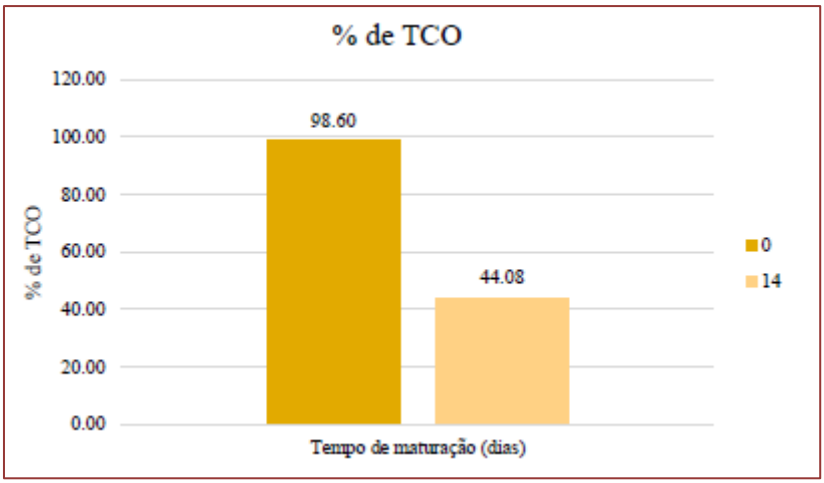
Figura 3. Efeito dos tratamentos na avaliação da metamioglobina inicial (MMbi) no músculo (*L. lumborum*) bovinos maturados e não maturados.



Fonte: Dos autores (2025).

Ao mesmo passo, a taxa de consumo de oxigênio (TCO) apresentou uma queda acentuada (P<0,05), passando de 98,60% no dia 0 para 44,08% no dia 14 de maturação (Figura 4). A TCO refere-se à respiração mitocondrial residual no músculo post mortem e está relacionada com a profundidade de penetração do oxigênio da atmosfera para o interior do músculo. A carne como músculo continua a respirar depois do abate e, portanto, o oxigênio molecular continua a ser consumido pelo NADH no final da cadeia transportadora de elétrons mitocondrial. Este sistema respiratório compete com a mioglobina pelo oxigênio que se difunde dentro da carne a partir da atmosfera. O resultado líquido da difusão e do consumo de oxigênio é uma acentuada redução na concentração de oxigênio do ar no interior do corte de carne e, desta forma, a OMb será formada em uma pequena profundidade. No entanto, o consumo de oxigênio diminui com o tempo de maturação, de modo que a difusão de oxigênio é maior e, consequentemente, torna a camada de OMb torna-se mais espessa.

Figura 4. Efeito dos tratamentos na avaliação da taxa de consumo de oxigênio (TCO) no músculo (*L. lumborum*) bovinos maturados e não maturados.



Fonte: Dos autores (2025).

Assim, no tempo zero a carne apresenta uma grande TCO, o que resulta em uma menor penetração do oxigênio no interior da carne, fazendo com que a OMb seja formada em uma pequena profundidade. Com o tempo de maturação post mortem a TCO diminui, devido ao esgotamento de substratos e coenzimas e pela degradação das enzimas envolvidas na respiração mitocondrial (Aroeira *et al.*, 2017), favorecendo a penetração de oxigênio e justificando a maior formação da OMb. Isso contribui para uma aparência mais brilhante e avermelhada da carne após o *blooming*, como relatado por McKenna *et al*. (2005) e Aroeira *et al*. (2017).

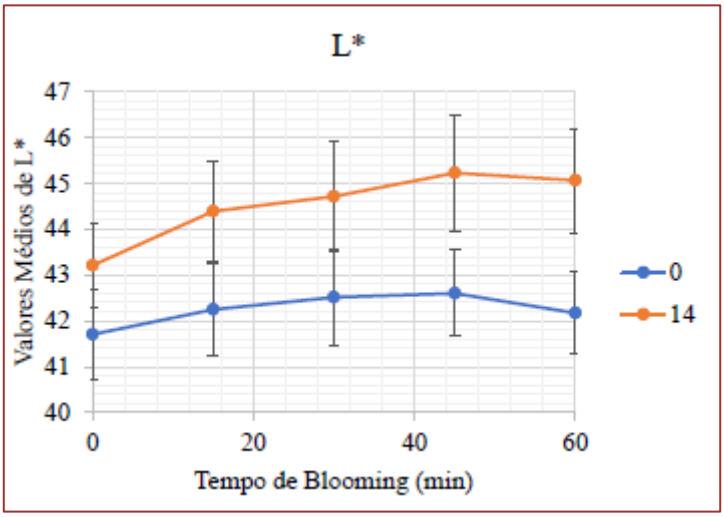
3.3. EFEITOS SOBRE A COR INSTRUMENTAL

Nas Figuras 5, 6 e 7 estão dispostos os gráficos dos parâmetros L*, C* e h* da carne ao longo do tempo de maturação (0 e 14 dias), considerando diferentes tempos de *blooming*.

Observa-se um aumento significativo (P<0,05) nos valores de L* com a progressão do

blooming e também com a interação tratamento x tempo (P<0,05). Os bifes maturados são mais claros que os não maturados, esse incremento se manteve ao longo dos demais tempos de *blooming*. Esse comportamento pode estar associado a alterações na estrutura muscular, especialmente no sarcômero, que ocorrem com a maturação post mortem. Essas alterações contribuem para maior dispersão (*scattering*) e reflexão da luz, aumentando a percepção da carne ser mais clara (Hughes *et al*., 2014). Além disso, a maturação tende a melhorar a capacidade de retenção de água (CRA), promovendo a migração de água para o meio intracelular, o que pode também intensificar a reflexão da luz e aumentar a luminosidade (L*) percebida.

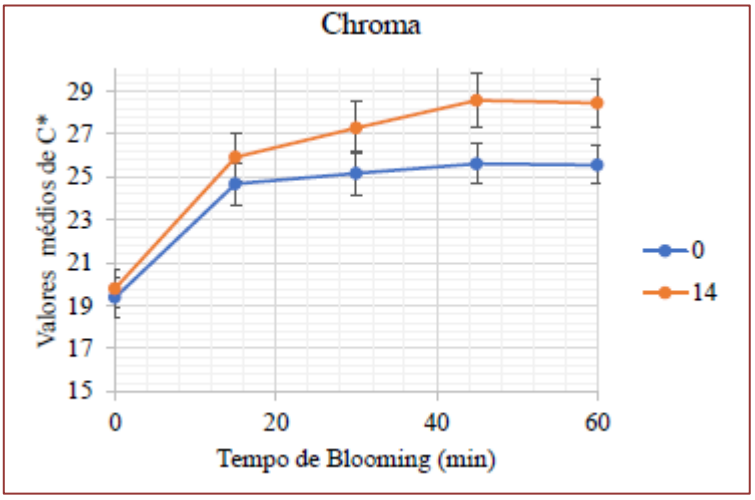
Figura 5. Efeito do tempo de *blooming* (0 a 60 minutos) e da maturação (0 e 14 dias) sobre o parâmetro de luminosidade (L*) da carne bovina (músculo *Longissimus lumborum*)



Fonte: Dos autores (2025).

Em relação ao *chroma* (c*), observa-se um aumento com o tempo de maturação (Figura 6). Em D0, o valor médio inicial era de 19,37, e em D14, subiu para 19,80 — sendo que, ao longo dos tempos de *blooming*, os valores aumentaram significativamente, chegando a 28,46 em aos 60 minutos o tratamento com 14 dias de maturação. De acordo com Bueno *et al.* (2024a) esse comportamento indica maior saturação da cor, geralmente relacionado ao aumento da proporção de oximioglobina (OMb) na superfície da carne. Esse pigmento confere à carne a coloração vermelho brilhante típica de produtos frescos, sendo favorecido por maior disponibilidade de oxigênio e pela diminuição da atividade respiratória mitocondrial (TCO). Com a maturação, ocorre uma redução da TCO, o que permite maior penetração do oxigênio e, consequentemente, favorece a formação de OMb (Mancini; Hunt, 2005). Portanto, o aumento de C* com a maturação é consistente com a maior intensidade da cor da carne.

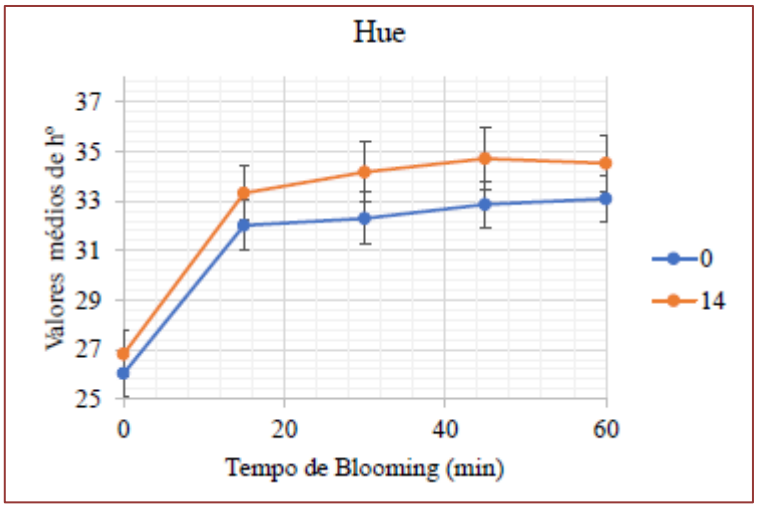
Figura 6. Efeito do índice de chroma, (C*) da carne bovina (músculo *Longissimus lumborum*) em função do tempo de *blooming* (0 a 60 minutos) e da maturação (0 e 14 dias).



Fonte: Dos autores (2025).

Por fim, os valores de *hue* (hº) também aumentaram com o tempo de maturação. Este parâmetro é indicativo da tonalidade da cor e, na carne, seu aumento está geralmente associado à descoloração (Bueno *et al*.2024a), ou seja, a um deslocamento da cor vermelho puro para tons mais amarelados ou acastanhados quando se aumenta os valores de hº. Embora valores elevados de h* possam sugerir descoloração, no contexto do *blooming* e em conjunto com os aumentos observados de L* e C*, este comportamento reflete a mudança gradual da composição dos pigmentos com maior formação de OMb, especialmente considerando os mecanismos bioquímicos envolvidos na redução da metamioglobina (MMb) e no consumo de oxigênio (TCO). À medida que o oxigênio se difunde na superfície da carne recém cortada, a cor característica vermelho púrpura do pigmento DMb vai se alterando para um vermelho cereja brilhante da OMb, devido à alta afinidade da mioglobina pelo O2 (Jacob, 2020; Ramos; Gomide, 2017). Esta mudança de cor é observada por um acréscimo concomitante nos valores de a* e b* ao decorrer do tempo de oxigenação, traduzindo em mudança tanto na intensidade (C*) quanto na tonalidade (h) da cor (Figura 6 e 7). Estas alterações também foram observadas por Aroeira *et al*. (2017) e Salueña *et al*. (2019). As coordenadas C* e hº possuem uma correlação alta positiva com a OMb, de acordo com Bueno *et al*., 2024a.

Figura 7. Efeito no ângulo de tonalidade- *hue* (h°) da carne bovina (músculo *Longissimus lumborum*) ao longo do tempo de *blooming* (0 a 60 minutos) em bifes maturados por 0 e 14 dias.



Fonte: Dos autores (2025).

4. CONCLUSÃO

A maturação da carne bovina influenciou significativamente os mecanismos relacionados à oxigenação e à expressão da cor superficial dos bifes da raça Nelore. Carnes maturadas por 14 dias apresentaram maior capacidade de formar oximioglobina (OMb) durante o *blooming*, evidenciado pela redução da taxa de consumo de oxigênio (TCO) e pelo aumento dos parâmetros instrumentais de cor, como luminosidade (L*) e saturação (C*) e tonalidade (hº). Esses efeitos estão diretamente ligados à menor atividade mitocondrial residual e à maior difusão de oxigênio nos tecidos musculares, que favorecem a oxigenação da mioglobina.

Por outro lado, a redução da atividade redutora de metamioglobina (MRA) e o aumento nos níveis de MMb em carnes mais maturadas indicam uma menor capacidade antioxidante, o que pode comprometer a estabilidade da cor em etapas posteriores do armazenamento ou comercialização. Ainda assim, durante os primeiros minutos de exposição ao oxigênio (*blooming*), os benefícios da maturação sobre a intensidade e a vivacidade da cor prevaleceram.

Portanto, os resultados demonstram que a combinação entre tempo adequado de maturação e controle do *blooming* pode ser uma estratégia eficiente para intensificar a coloração desejável da carne no momento da exposição ao consumidor, contribuindo para a padronização da qualidade visual e para a aceitação comercial do produto.

REFERÊNCIAS

[1] AROEIRA, Carolina Naves; TORRES FILHO, Robledo de Almeida; FONTES, Paulo Rogério; RAMOS, Alcinéia de Lemos Souza; GOMIDE, Lúcio Alberto de Miranda; LADEIRA, Márcio Machado; RAMOS, Eduardo Mendes. Effect of freezing prior to aging on myoglobin redox forms and CIE color of beef from Nellore and Aberdeen Angus cattle. **Meat Science**, [S.L.], v. 125, p. 16-21, mar. 2017. Elsevier BV. DOI 10.1016/j.meatsci.2016.11.010. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.11.010.

[2] BEKHIT, A.e.D.; FAUSTMAN, C.. Metmyoglobin reducing activity. **Meat Science**, [S.L.], v. 71, n. 3, p. 407-439, nov. 2005. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.04.032.

[3] BUENO, Lethícia Olimpio *et al*. Meat color by numbers: evaluation of the myoglobin redox forms by different methods and its relationship to cie color indices. **Journal Of Food Composition And Analysis**, [S.L.], v. 133, p. 106365, set. 2024a. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2024.106365.

[4] BUENO, Lethicia Olimpio *et al.*. SELEÇÃO DE FEATURES PELA FUNÇÃO DISCRIMINANTE DE FISHER PARA CLASSIFICAÇÃO DE CARNES BOVINAS

[5] MATURADAS... In: **Anais do congresso internacional do Grupo Unis**. Anais...Varginha(MG) Cidade Universitário do Grupo Unis, 2024b. Disponível em: https//www.even3.com.br/anais/10ci2024/850921-SELECAO-DE-FEATURES-PELA- FUNCAO-DISCRIMINANTE-DE-FISHER-PARA-CLASSIFICACAO-DE-CARNES- BOVINAS-MATURADAS.

[6] CARDOSO, Giselle Pereira *et al*. Selection of a chitosan gelatin-based edible coating for color preservation of beef in retail display. **Meat Science**, [S.L.], v. 114, p. 85-94, abr. 2016. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.12.012.

[7] CARDOSO, Giselle Pereira. **REVESTIMENTO COMESTÍVEL PARA COMERCIALIZAÇÃO DE CARNE BOVINA REFRIGERADA**. 2015. 130 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

[8] CARDOSO, Giselle Pereira; ANDRADE, Monalisa Pereira Dutra; RODRIGUES, Lorena Mendes; MASSINGUE, Armando Abel; FONTES, Paulo Rogério; RAMOS, Alcinéia de Lemos Souza; RAMOS, Eduardo Mendes. Retail display of beef steaks coated with monolayer and bilayer chitosan-gelatin composites. **Meat Science**, [S.L.], v. 152, p. 20-30, jun. 2019. Elsevier BV. DOI 10.1016/j.meatsci.2019.02.009. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.02.009

[9] CARVALHO, J.R.R.; GOMES, R.A.; ALVARENGA, T.I.R.C.; SILVERIO, A.S.D.; RAMOS, E.M. Influência do tempo de maturação na oxigenação da carne de cordeiros. In: CONGRESSO ARGENTINO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS (CYTAL), 14., 2013, Rosario, Argentina. **Anais...**[Química de Alimentos]. Rosario: AATA, 2013. 6p.

[10] DIAS, V. A. D. **Expressão das proteínas calpaína e calpastatina e suas relações com a qualidade da carne de bovinos da raça Nelore** (Bos indicus). 2016. 63 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2016.

[11] GOMIDE, L. A. M.; RAMOS, E. M.; FONTES, P. R. **Ciência e qualidade da carne: Fundamentos.** 1. ed. Viçosa: UFV, 2013. 197p.

[12] HUGHES, J.M. *et al*. A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. **Meat Science**, Barking, v. 98, n. 3, p. 520-532, Nov. 2014.

[13] JACOB, Robin. Implications of the variation in bloom properties of red meat: a review. **Meat Science**, [S.L.], v. 162, p. 108040, abr. 2020. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.108040.

[14] JOSE, Cameron; MCGILCHRIST, Peter. Ageing as a method to increase bloom depth and improve retail colour in beef graded AUS-MEAT colour 4. **Meat Science**, [S.L.], v. 183, p. 108665, jan. 2022. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108665.

[15] KIM, Yuan H. Brad; FRANDSEN, Matilde; ROSENVOLD, Katja. Effect of ageing prior to freezing on colour stability of ovine longissimus muscle. **Meat Science**, [S.L.], v. 88, n. 3, p. 332-337, jul. 2011. Elsevier BV. DOI 10.1016/j.meatsci.2010.12.020. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.12.020.

[16] KING, D. Andy *et al*. American Meat Science Association Guidelines for Meat Color Measurement. **Meat And Muscle Biology**, [S.L.], v. 6, n. 4, p. 1-106, 2 fev. 2023. Iowa State University. http://dx.doi.org/10.22175/mmb.12473.

[17] KRZYWICKI, Karol. Assessment of relative content of myoglobin, oxymyoglobin and metmyoglobin at the surface of beef. **Meat Science**, [S.L.], v. 3, n. 1, p. 1-10, jan. 1979. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/0309-1740(79)90019-6.

[18] LEDWARD, D.A., 1992. Colour of raw and cooked meat. In: Ledward, D.A., Johnston, D.E., Knight, M.K. (Eds.), The Chemistry of Muscle-based Foods. **The Royal Society of chemistry**,Thomas Graham House, Science Park, Cambridge, pp. 33–68. *(PDF) Meat colour: factors affecting colour stability*.

[19] MADHAVI, D. L.; CARPENTER, Charles E.. Aging and Processing Affect Color, Metmyoglobin Reductase and Oxygen Consumption of Beef Muscles. **Journal Of Food Science**, [S.L.], v. 58, n. 5, p. 939-942, set. 1993. Wiley. http://dx.doi.org/10.1111/j.1365- 2621.1993.tb06083.x.

[20] MANCINI, R.A.; HUNT, M.C.. Current research in meat color. **Meat Science**, [S.L.], v. 71, n. 1, p. 100-121, set. 2005. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.03.003.

[21] MCKENNA, D.R.; MIES, P.D.; BAIRD, B.e.; PFEIFFER, K.D.; ELLEBRACHT, J.W.; SAVELL, J.W.. Biochemical and physical factors affecting discoloration characteristics of 19 bovine muscles. **Meat Science**, [S.L.], v. 70, n. 4, p. 665-682, ago. 2005. Elsevier BV. DOI 10.1016/j.meatsci.2005.02.016. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.02.016

[22] RAMOS, Eduardo Mendes; GOMIDE, Lúcio Alberto de Miranda. **Avaliação da Qualidade de Carnes - Fundamentos e Metodologias**. 2. ed. Viçosa - Mg: Editora Ufv, 2017. 473 p.

[23] RODRIGUES, L.M. **Maturação acelerada da carne bovina combinada com aplicação da radiação gama**. 2020. 127 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2020.

[24] SALUEÑA, Begoña Hernández *et al*. CIELAB color paths during meat shelf life. **Meat Science**, [S.L.], v. 157, p. 107889, nov. 2019. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107889.

[25] VITALE, M.; PÉREZ-JUAN, M.; LLORET, E.; ARNAU, J.; REALINI, C.e.. Effect of aging time in vacuum on tenderness, and color and lipid stability of beef from mature cows during display in high oxygen atmosphere package. **Meat Science**, [S.L.], v. 96, n. 1, p. 270-277, jan. 2014. Elsevier BV. DOI 10.1016/j.meatsci.2013.07.027. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.07.027.

[26] WATTS, Betty M.; KENDRICK, Jean; ZIPSER, Marelynn W.; HUTCHINS, Bobbie; SALEH, Bassima. Enzymatic Reducing Pathways in Meat. **Journal Of Food Science**, [S.L.], v. 31, n. 6, p. 855-862, nov. 1966. Wiley. http://dx.doi.org/10.1111/j.1365- 2621.1966.tb03261.x.

Autores

AUTORES

ADRIANO LIMA DA SILVA

Possui Graduação em Engenharia de Materiais (UFCG, 2016), Especialista em Engenharia da Qualidade (FUNIP, 2019), Especialista em Educação de Jovens e Adultos (IFRO, 2022), Mestre e Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais (UFCG, 2022), Universidade Federal de Campina Grande - UFCG (Conceito 6 CAPES) e Químico Licenciado pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB). Bolsista de Pós-doutorado Júnior - PDJ (CNPq) / Pesquisador e Membro Atuante do Laboratório de Síntese de Materiais Cerâmicos - LabSMac/UFCG, Desenvolvendo Pesquisas no Âmbito de Catalisadores Cerâmicos Magnéticos e não Magnéticos Avançados para Obtenção de Biodiesel, Tem experiência em sintese química por reação de combustão bem como atua na área de engenharia de materiais e metalúrgica, com ênfase em materiais Cerâmicos, bem como participação em trabalhos com materiais Poliméricos.

AMANDA BATISTA NASCIMENTO

Universidade Estadual do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais, Fortaleza, Ceará,

AMANDA CAMILO GRACIANO

Aualmente é mestranda do curso de Pós Graduação em Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras (UFLA) atuando na área de ciência e tecnologia de carnes. Possui pós graduação em Docência com ênfase na Educação Básica pelo IFMG- Campus Arcos(2021), pós graduação em Processamento e Controle de Qualidade de Produtos de Origem Animal pela UFLA (2016) e Pós Graduação em Vigilância Sanitária e Qualidade dos Alimentos pela FAVENI (2020). Possui experiência nas áreas de Higiene e Inspeção, Tecnologia de produtos de origem animal e Controle de qualidade na indústria de alimentos.

BRUNA TAYANE DA SILVA LIMA

Mestre em Ensino de Ciências e Matemática, na área de Ensino de Química, pela Universidade Estadual da Paraíba. Graduada em Licenciatura em Química pela Universidade Estadual da Paraíba - UEPB e ex-bolsista na modalidade de Iniciação à Docência do sub projeto de Química desde agosto de 2012, no Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (CAPES/PIBID/UEPB), na qual desenvolveu intervenções em sala de aula com novos recursos didáticos que visam o estímulo ao ensino-aprendizagem de Química. Atuou como professora substituta do departamento de Química da Universidade Estadual da Paraíba - UEPB, entre os anos de 2018 e 2019, ministrando aulas nas disciplinas de Metodologia do Ensino, Pesquisa e Ensino, Recursos audiovisuais e Informática para o Ensino de Química. Atualmente, está inserida no núcleo de professores da escola básica da rede estadual de ensino, ministrando aulas de Química da BNCC e disciplinas da base técnica e empreendedora.

GABRIEL MONTEIRO DA SILVA

Bacharel em Química Industrial pela Universidade Estadual da Paraíba, formado em 2021. Durante minha graduação, tive a oportunidade de ser bolsista de Iniciação Científica de 2015 a 2021, onde concentrei meus esforços na área de desenvolvimento de produtos lácteos funcionais e análise de alimentos.Minha jornada acadêmica e profissional continua, agora como Mestre em Engenharia Agrícola (2023) do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande. Minha pesquisa se concentrou no campo de Processamento e Armazenamento de Produtos Agrícolas. Minha experiência abrange diversas áreas, incluindo secagem de alimentos, probióticos, prebióticos e aproveitamento de resíduos e subprodutos da indústria de alimentos.Minha atuação na pesquisa e desenvolvimento me permitiu adquirir habilidades valiosas na criação de produtos lácteos funcionais, além de realizar análises detalhadas de alimentos. Minha busca pelo conhecimento e minha dedicação à pesquisa me impulsionaram a explorar oportunidades no aprimoramento de técnicas de secagem de alimentos e na utilização eficaz tecnologias emergentes no processamento de alimentos.Com uma base sólida em Química Industrial, estou comprometido em contribuir para o avanço da indústria de alimentos e do setor

AUTORES

agrícola como um todo, através da aplicação prática e inovação nas áreas em que atuo. Em resumo, sou um profissional que une conhecimento teórico e experiência prática na pesquisa de alimentos, desenvolvimento de produtos e processamento agrícola, buscando sempre impulsionar soluções inovadoras e sustentáveis para os desafios do setor.

GILVANE SOUZA DE MATOS

Doutor em Biotecnologia Industrial, professor permanente da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

HELDER DE LUCENA PEREIRA

Engenheiro de Minas graduado pela Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) no ano de 2016. Experiência em pesquisa experimental na área de meio ambiente (Aproveitamento de Resíduo Mineral), desenvolvida no Laboratório de Físico-Química, pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia de Minas da UFCG. Experiência no estudo da Mineração em Pequena Escala (MPE), desenvolvido no âmbito do Arranjo Produtivo Local de pegmatitos RN/PB, ambas vinculadas ao Programa Entidades Associadas MCTI/UFCG/CETEM. Licenciado em Química pela Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) no ano de 2024, com experiência em iniciação à docência (2020-2022), projetos de extensão científica (CTSA e CTS-Arte pela Inclusão, 2022-2023) e monitoria voluntária em Química Experimental (2024.1 e 2024.2). Engenheiro de Segurança pós-graduado pelo Centro Universitário de Patos (UNIFIP) no ano de 2018. Especialista em Educação de Jovens e Adultos (EJA) pelo Instituto Federal de Rondônia (IFRO) no ano de 2023. Especialista em Docência para a Educação Profissional e Tecnológica (DocentEPT) pelo Instituto Federal do Tocantins (IFTO) no ano de 2023. Especialista em Ensino de Ciências da Natureza e Matemática pelo Instituto Federal do Sertão de Pernambuco (IFSertãoPE) no ano de 2024. Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química (PPGEQ) no ano de 2023, atuando na área de pesquisa de Catálise heterogênea para produção de biodiesel no Laboratório de Caracterização, Catálise e Biocombustível (LACCBIO), pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia Química da UFCG. Atualmente doutorando pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Engenharia de Materiais (PPG-CEMat, Conceito CAPES 6), atuando na área de pesquisa de desenvolvimento de nanomateriais por síntese química para produção de biodiesel no Laboratório de Síntese de Materiais Cerâmicos (LabSMaC), pertencente à Unidade Acadêmica de Engenharia de Materiais da UFCG. Atua como consultor Ad Hoc no Programa Institucional de Projetos e Bolsas de Extensão pelo Instituto Federal do Sertão de Pernambuco (PIPBEX/IFSertãoPE), participa do Conselho-técnico científico dos periódicos Revista Brasileira de Educação Profissional e Tecnológica e Holos, ambos publicados digitalmente e editados pelo Instituto Federal do Rio Grande do Norte (IFRN).

ISSACAR FLORES DRACHLER

Bacharel em Ciência e Tecnologia de Alimentos pela Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

JEAN CARLOS DOS SANTOS

Formado em Engenharia de Alimentos (2023). Atualmente, é mestrando em Ciência de Alimentos pela UFLA, atuando na área de ciência e tecnologia de carnes e derivados. Atua no desenvolvimento de novos métodos de maturação de carnes além de redução de perdas de processamento.

JOANA DE BARROS ALEXANDRE

Universidade Estadual do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais, Fortaleza, Ceará, Brasil

AUTORES

JOYCE SALVIANO BARROS DE FIGUEIREDO

Graduada em Engenharia Química pela Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Mestranda pelo Programa de Pós Graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG. Tem experiência acadêmica na área de catálise e biocombustíveis, atuando principalmente na síntese de catalisadores heterogêneos e produção de biodiesel.

JULIANA DE MELLO SILVA

Doutora em Engenharia e Ciência de Alimentos, professora permanente da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS.

KELLY DE MORAES

Doutora em Engenharia e Ciência de Alimentos, professora permanente da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

LEONARDO VIEIRA PONTES

Professor do Departamento de Tecnologia Rura e Animal, Universidades Estadual do sudoeste da Bahia - UESB

LETHÍCIA OLIMPIO BUENO

Formada em Engenharia de Alimentos (2020) e mestre em Ciência de Alimentos (2023) pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Atualmente, é doutoranda em Ciência de Alimentos pela UFLA, atuando na área de ciência e tecnologia de carnes e derivados. Seus temas de pesquisa incluem principalmente o desenvolvimento de tecnologias não invasivas para predição da qualidade da carne utilizando espectroscopia e visão computacional assistida por inteligência artificial.

LORRANY RAMOS DO CARMO

Formada em Engenharia de Alimentos (2019) e mestre em Ciência de Alimentos (2022) pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Atualmente, é doutoranda em Ciência de Alimentos pela UFLA, atuando na área de ciência e tecnologia de carnes e derivados.Suas linhas de pesquisa concentram-se no aproveitamento tecnológico de subprodutos do abate e na investigação de substituto ao nitrito de sódio aplicados ao processamento de produtos cárneos.

LUANA CARVALHO DA SILVA

Centro de Ciência e Tecnologia da Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil,

LUIS HENRIQUE DA SILVA NASCIMENTO

Possui ensino-médio-segundo-graupelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - IFPB(2022)

MARCELO STEFANINI TANAKA

Doutorando em Ciências dos Alimentos pela Universidade Federal de Lavras (UFLA), com mestrado na mesma área (2021) e graduação em Medicina Veterinária (UFLA, 2019). Atua principalmente em qualidade e processamento de pescados (higiene e tecnologia de processamento) e produtos cárneos (emulsionados e controle microbiano de esporos patogênicos), com foco em segurança alimentar e qualidade alimentar.

AUTORES

MÍRIAM DE ANDRADE PEREIRA

Formada em Medicina Veterinária (2004) e mestre em Ciências Veterinárias (2006) pela Universidade Federal de Lavras (UFLA). Atualmente, é doutoranda em Ciência de Alimentos pela UFLA, atuando na área de ciência e tecnologia de carnes e derivados. Seus temas de pesquisa incluem principalmente com anomalias da carne suína: avaliação, predição e efeitos na elaboração de presuntos cozidos.

RACHEL MENEZES CASTELO

Universidade Estadual do Ceará, Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais, Fortaleza, Ceará,

ROSELAYNE FERRO FURTADO

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, Ceará, Brasil,

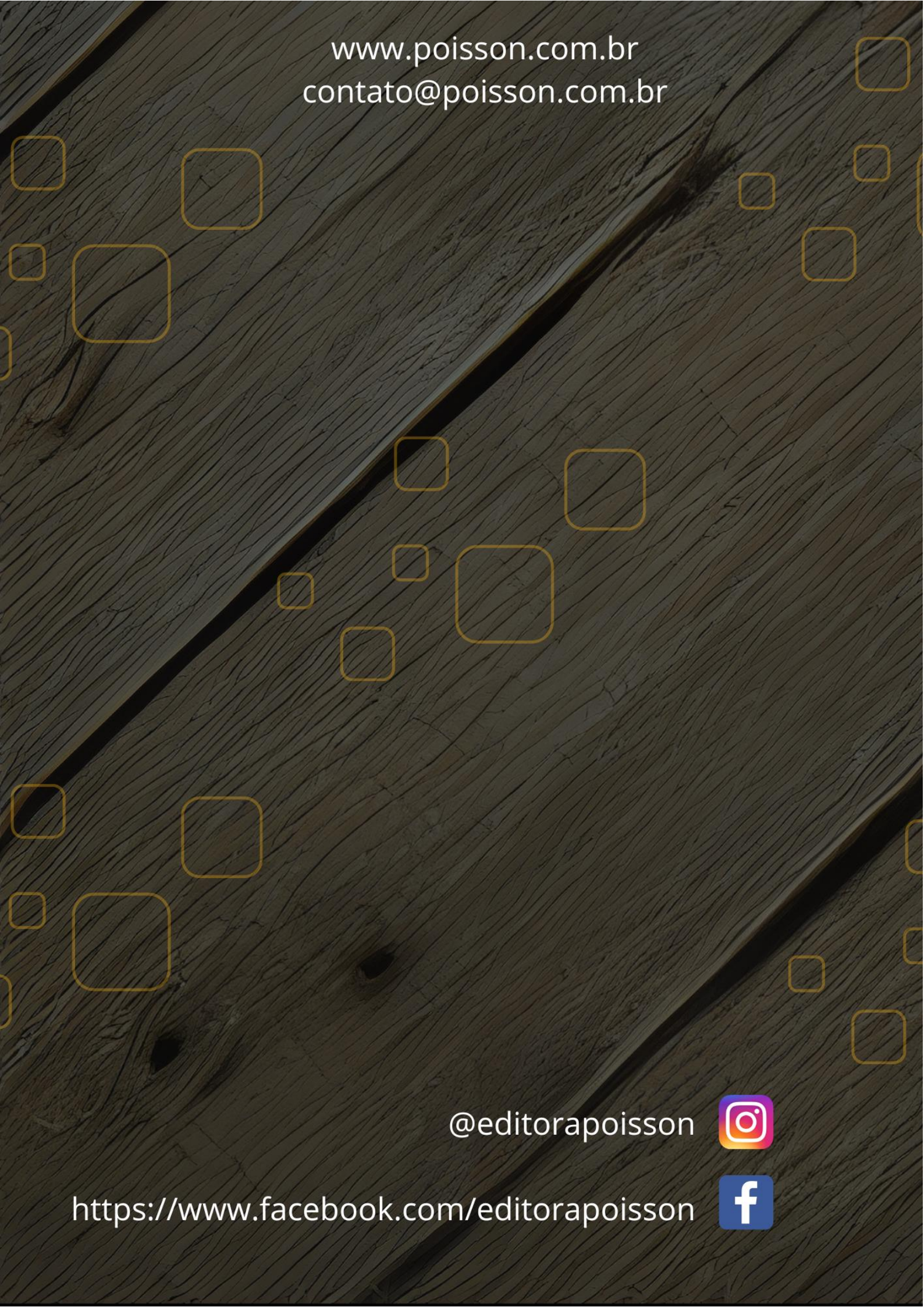
SILVANIA FARIAS OLIVEIRA PONTES

Doutora em Ciência e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal de Viçosa - UFV

VILMAR ANTÔNIO BOFF

Doutor em Desenvolvimento Regional, professor permanente da Universidade Estadual do Rio Grande do Sul – UERGS

www.poisson.com.br
contato@poisson.com.br



@editorapoisson

https://www.facebook.com/editorapoisson